ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 NOVEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 27 novembre au lieu du lundi 25, jour de la séance publique annuelle de l'Académie des Sciences morales et politiques.

OPTIQUE. — *Remarques sur la magnétophorèse, sur les photons et sur les éléments de symétrie d'un faisceau de lumière polarisée.* Note (1) de M. **Aimé Cotton**.

Ce numéro des *Comptes rendus* contient (p. 858) une Note de M. Tauzin où l'on trouve d'abord des faits nouveaux se rapportant à la photophorèse étudiée en lumière naturelle, puis des expériences où l'on fait changer l'état de polarisation du faisceau de lumière employé. J'ai pu voir moi-même ces dernières expériences que M. Tauzin a faites, avec un polariseur à champ normal, au Laboratoire de l'Électro-aimant à Bellevue; je désire présenter quelques remarques à leur sujet.

D'une façon générale, l'état de polarisation du faisceau de lumière exerçant son action sur des particules en suspension dans l'air n'a paru exercer aucune influence sur les phénomènes observés. On pouvait s'attendre à constater le contraire. M. Tauzin avait déjà l'intention d'étudier la question, lorsque, à la séance de la Société française de Physique du 17 mai dernier, où il montrait ses expériences en lumière naturelle, M. René Lucas a signalé l'intérêt présenté par l'examen du cas particulier suivant : un faisceau de lumière exerce son action sur des particules, en même temps qu'on introduit un champ magnétique uniforme dont les lignes de forces sont normales à la direction de l'axe du faisceau de lumière employé. Le faisceau de lumière incidente est polarisé rectilignement, et le champ magnétique, uniforme, a ses lignes de force parallèles au vecteur magnétique de l'onde incidente. Si la dissymétrie des causes est nécessaire pour observer des effets dissymétriques, on ne comprend pas pourquoi une particule donnée irait, en suivant les lignes de forces, d'un côté plutôt que de l'autre de ce plan de symétrie.

---

(1) Séance du 13 novembre 1946.

Si l'on fait l'expérience, on voit des particules suivre ces lignes, les unes allant vers le pôle nord, les autres vers le pôle sud et, si on la poursuit en notant les sens observés pendant un temps connu, on trouve qu'il y en a en moyenne le même nombre dans les deux sens. Le résultat n'est pas contraire à l'hypothèse d'Ehrenhaft de l'existence de pôles isolés.

Mais il faut se demander, ce me semble, si l'on a eu raison, en indiquant les conditions de l'expérience, au point de vue de la symétrie, de considérer les éléments de symétrie d'un *faisceau de lumière polarisée* : ce faisceau de lumière est formé de photons en mouvement. Or on peut admettre que lorsqu'une particule est frappée par un photon, et que celui-ci cesse de se propager librement, c'est le choc (ce mot étant pris dans le sens le plus général) avec ce photon particulier qui détermine le mouvement de la particule. Il existe une sorte de lumière polarisée pour laquelle on peut imaginer un modèle de photon qui, réalisable ou non, rendrait compte de son état de polarisation. Supposons qu'une charge centrale P soit un électron positif, et qu'autour de P tourne uniformément, suivant une circonférence de rayon très petit, une charge de signe contraire N égale en valeur absolue, telle qu'un électron négatif. Ce modèle tournant est entraîné avec la vitesse de la lumière suivant l'axe du cercle. Le point N décrit une hélice qui est soit droite, soit gauche. Ce modèle supposé a exactement la symétrie d'un faisceau de lumière polarisée circulairement dans un sens déterminé; il en existe deux formes symétriques, l'une droite D, l'autre gauche G.

L'onde associée à ce photon s'introduit d'elle-même; elle a précisément comme période la durée de la révolution de la charge N. Mais il faudrait se demander d'abord si un tel système pourrait être stable, s'il peut satisfaire à la loi de Planck, etc. Il sera fort possible qu'on soit obligé de modifier le schéma proposé, d'introduire des spins résultant de la rotation P et N sur eux-mêmes, ou même d'autres charges. Au point de vue qui nous occupe, il suffira d'admettre que les modèles DG ainsi modifiés auront bien gardé la symétrie indiquée.

Le modèle simple imaginé a bien d'ailleurs déjà quelques propriétés qu'on attribue à un photon réel : il est neutre par exemple dans son ensemble au point de vue électrostatique, et les charges qu'il contient étant toujours au voisinage immédiat de charges de signes opposés, il n'exercera d'actions électrostatiques qu'à des distances très faibles. Pendant que P et N se propagent librement, ils ne produisent aucun champ obéissant à la loi de Coulomb, l'inertie de l'ensemble peut être supposée négligeable. D'autre part M. Louis de Broglie, comme on le sait, a été conduit à voir dans le photon la fusion de deux corpuscules complémentaires rappelant une paire d'électrons positifs et négatifs, susceptible d'annihilation. Dans un cas particulier, celui des photons γ de très grande énergie, Anderson a découvert que lorsqu'un photon rencontre un atome lourd, un électron positif et un électron négatif sont effectivement libérés tous

deux et apparaissent à la fois. Sans doute cette matérialisation ne paraît pas possible s'il s'agit des photons présents dans un faisceau de lumière visible. Mais l'énergie qui était restée latente pendant que la lumière se propageait à partir de la source, n'en est pas moins libérée quand la lumière est absorbée. Il est naturel d'admettre que cette énergie peut être employée précisément à mettre en mouvement le corps absorbant lui-même.

Les effets mécaniques du choc d'un photon par une particule en suspension dans un gaz varieront suivant la façon dont elle est frappée; ils différeront suivant qu'elle est neutre ou bien qu'elle porte des charges électriques; il ne faudra pas être surpris que l'on observe des photophorèses longitudinales des deux signes, ou des mouvements en hélice. C'est seulement dans ce cas, où l'on pourrait distinguer sur la trajectoire un sens de rotation, que l'on pourrait voir une différence entre les effets produits par les chocs de deux photons D et G symétriques.

Supposons maintenant qu'on emploie pour faire l'expérience de la lumière polarisée rectilignement. On peut obtenir cette lumière en superposant des rayons polarisés circulairement dans les deux sens de même intensité ; on peut y admettre encore la présence des deux sortes de photons D et G à la fois, qui s'accompagneraient en gardant une différence de phase constante. Un modèle spécial pour cette lumière polarisée rectilignement pourrait être imaginé encore, mais il comprendrait précisément les deux sortes de photons DG qui existeraient à la fois, et c'est l'un seul qui déterminerait les conditions du choc. On observera encore les mêmes mouvements avec de la lumière naturelle : là encore on pourra admettre la présence, en nombre égal en moyenne, des deux sortes de photons D et G.

Les expériences sur la photophorèse ou la magnétophorèse pourraient ainsi permettre de constater les effets de chocs isolés; elles apporteraient ainsi une preuve expérimentale de cette structure discontinue de la lumière qu'admettent les théories récentes. Quand on fait ces expériences, on peut remarquer qu'à côté des particules dont les mouvements sont bien ceux qui ont été signalés, il y en a quelques-unes qui décrivent des trajectoires imprévues, et cela alors qu'elles étaient cependant très voisines des précédentes. On ne voit pas d'autre part quelle autre méthode physique que celle si sensible imaginée par Ehrenhaft, pourrait mettre de telles actions en évidence.

Les expériences d'Ehrenhaft ne sont pas les premières où l'on ait signalé que des particules visibles pouvaient se mouvoir en suivant les lignes de forces d'un champ magnétique. Je rappelle en effet les travaux sur les rayons magnéto-cathodiques, ceux notamment de Villard et de Gouy. Ces rayons, qui prennent naissance dans des tubes à vide placés dans le champ d'un électro-aimant, ne suivent pas rigoureusement, comme on l'avait cru, les lignes de forces. Leurs propriétés ont été expliquées, notamment par un calcul très simple de Fortin. Les électrons mobiles qui les forment suivent en réalité des trajectoires

hélicoïdales sur des tubes de force de rayons très petits. Ces trajectoires hélicoïdales, analogues à celles des points N considérés plus haut, sont à rapprocher peut-être de celles que M. Tauzin, de même que M. Ehrenhaft, remarque souvent sur les photographies des particules qu'il étudie. On peut se demander si ces hélices ne sont pas produites par les photons, bien plus nombreux, qui viennent passer tout autour et tout près des particules en suspension dans le gaz, mais qui continuent leur route sans être absorbés. Sans doute les obstacles ainsi frôlés ont une masse matérielle relativement considérable, mais leurs vitesses sont incomparablement plus faibles et leurs mouvements pourraient ressembler à ceux qui les ont provoqués.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La notion de dilution pour les solutions macromoléculaires.* Note [1] de M. **Jacques Duclaux.**

On sait que dans les solutions macromoléculaires, l'influence de la substance dissoute n'est en général proportionnelle à sa concentration que si celle-ci est très petite. La notion de solution diluée n'a donc pas le même sens pour une solution macromoléculaire et une solution ordinaire. En pratique, la première doit presque toujours être considérée comme concentrée. Cette anomalie a été justement attribuée par Staudinger à l'influence mutuelle des molécules.

Pression osmotique. — L'influence sur la pression osmotique doit se manifester dès qu'une molécule est gênée dans son mouvement de rotation par les molécules voisines. Cet effet stérique est aisément calculable. Chaque molécule interdit à ses voisines un certain angle solide, d'autant plus grand que leur distance est plus petite. Désignons par ω cet angle interdit évalué en stéradians. Pour des molécules en forme de bâtonnet, de rayon r et de longueur $2l$, sa valeur est :

	Concentration en volume		
l/r.	1/100.	1/1000.	1/10000.
30	3	0	0
100	12	1	0
1000	130	12	1
3000	420	40	4

Ainsi l'angle interdit augmente très vite, à concentration égale, avec l'allongement de la molécule, ce qui est conforme aux résultats de l'expérience. On a souvent des molécules dont la longueur est 1000 fois le diamètre : l'angle interdit commence à prendre une valeur notable pour une concentration en volume voisin de 1/1000, qui est bien celle à partir de laquelle les anomalies apparaissent.

Il résulte de cet empêchement de rotation qu'une solution macromoléculaire

(1) Séance du 13 novembre 1946.

de bâtonnets ne peut être isotrope que si sa concentration est très faible. Lorsque deux molécules sont voisines, chacune des deux interdit à l'autre, au moins en partie, les positions faisant un angle faible avec la ligne qui joint leurs centres; les positions perpendiculaires sont ainsi privilégiées. Les molécules tendront donc à s'orienter parallèlement, d'autant plus qu'elles seront plus longues. Le quasi-parallélisme, indépendant de toute action directe entre les molécules, n'existera bien entendu que dans un domaine très restreint, entouré sans limites précises d'autres domaines de formation identique, différemment orientés.

Une conséquence curieuse de cette orientation est que, dans l'état d'équilibre, les distances moyennes des centres des molécules seront plus petites dans la direction commune de leurs axes que dans les directions perpendiculaires. Ou bien, si l'on arrive à rendre la distribution isotrope, la pression osmotique ne le sera pas, étant plus grande dans les directions perpendiculaires à la direction commune des axes. Cette propriété peut être en rapport avec la contraction musculaire. On sait que la tendance actuelle est d'expliquer l'élasticité et la pression osmotique par les mêmes considérations de probabilité.

Une autre conséquence est que, si la solution n'est pas très diluée, il est impossible que les très longues molécules gardent leur forme rectiligne, car tout l'angle solide dans lequel elles pourraient s'étendre leur est interdit. Elles devront se plier, d'autant plus que la solution sera plus concentrée. Les théories statistiques de la forme des macromolécules, qui sont établies sans tenir compte de cet empêchement stérique, sont par suite sans valeur pratique.

Viscosité. — Dans le cas d'un écoulement laminaire, deux molécules situées dans deux lames adjacentes glissant l'une sur l'autre peuvent se rencontrer et alors leur mouvement sera gêné, ce qui amènera une augmentation de la viscosité. Le nombre des rencontres est calculable. Pour des particules sphériques, il est pratiquement négligeable aux concentrations inférieures à 1 %. Il grandit très rapidement à mesure que la molécule s'allonge. Pour des molécules supposées rectilignes ayant le diamètre de celles de la cellulose, et de poids M, le nombre n de rencontres, en une seconde, dans un volume de 1^{cm^3}, avec un gradient de vitesse égal à l'unité, et la distance d parcourue par une molécule entre deux rencontres consécutives, sont :

M	1800.	18000.	180000.
n	6.10^{17}	6.10^{18}	6.10^{19}
d (cm)	$2,5.10^{0}$	$2,5.10^{-2}$	$2,5.10^{-4}$

L'effet des rencontres sur la viscosité est beaucoup plus difficile à calculer et l'on peut seulement avoir un ordre de grandeur. Pour les mêmes molécules, le travail T transformé en chaleur par le mouvement dans un cube de 1^{cm^3} serait, pour une solution à 1 % en poids, en fonction du poids moléculaire M,

M	1800.	18000.	180000.
T	0,33	330	330000

alors que le travail dissipé par le même mouvement dans le solvant pur serait 0,01. L'accroissement de la viscosité par les rencontres, variant comme le carré de la concentration, serait donc encore pour une concentration de 1/10 000 de l'ordre de 1000. Un chiffre aussi élevé n'a jamais été constaté. Il se peut que le calcul approché donne un résultat trop fort, mais certainement pas de plusieurs puissances de 10. L'explication la plus naturelle du désaccord est que les molécules ne sont pas rectilignes. Mais de toute manière on voit que les théories hydrodynamiques qui ont été proposées pour rendre compte de la viscosité des solutions macromoléculaires, et qui négligent les rencontres, ne sont pas applicables en pratique. Il semble bien que, conformément aux idées de Staudinger, les rencontres soient souvent le facteur prédominant. Leur influence s'atténue beaucoup quand le gradient de vitesse est élevé, les molécules ayant alors une orientation privilégiée, tandis que les calculs qui précèdent admettent une orientation rendue isotrope par le mouvement brownien, ce qui ne peut se produire que si le gradient de vitesse est très faible.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez l'*Ervum hirsutum *L.* (Vicia hirsuta *S. F. Gray*). Note de M. **René Souèges**.

Les divisions génériques et spécifiques que l'on a introduites dans les Viciées offrent la plus grande confusion. Certains auteurs font place, dans leurs classifications, aux genres *Faba*, *Lens*, *Ervum*, *Ervilia*, *Cracca*, *Orobus*; d'autres les rejettent pour en faire des sections de genres voisins ou de simples espèces. Pour ce qui est tout particulièrement des *Ervum*, beaucoup de flores font encore état de ce vieux genre linnéen, mais la plupart des systématiciens le font entrer aujourd'hui dans le genre *Vicia*. Taubert (*in* Engler u. Prantl, III-3, p. 350), divise les *Vicia* en quatre sections : *Euvicia*, *Cracca*, *Ervum*, *Ervilia*.

A vrai dire, ces diverses opinions reposent sur des données fort discutables, faisant appel à des dispositions purement organographiques, telles que les dimensions plus ou moins grandes des fleurs, l'absence ou la répartition variable de poils à la surface du style, la forme arrondie ou éperonnée du sommet de la gousse. Il serait vraiment désirable que des caractères plus profonds entrassent en ligne de compte dans cette distribution des genres et des espèces.

L. Guignard [1], dans ses recherches sur l'embryogénie comparée des Légumineuses, sépare les *Ervum* des *Vicia* : l'embryon, avant la naissance des cotylédons, se montre cordiforme chez les premiers, il s'élargit en forme de biscuit chez les seconds. Mais ce sont là des caractères encore trop superficiels. Les lois qui président à la marche de la segmentation, qui déterminent la répartition

---

[1] *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, **12**, 1881, p. 66.

des potentialités et livrent ainsi la clé de la constitution fondamentale des organismes fournissent des différences plus précises et vraiment essentielles.

Chez l'*Ervum hirsutum*, comme chez les *Orobus* (²), la cellule embryonnaire proprement dite, *cc*, fille supérieure de la cellule apicale (*fig.* 1 à 3), se segmente transversalement pour donner deux éléments superposés *ce* et *cf* (*fig.* 5, 7, 8), tandis que la cellule *cd*, fille inférieure de la cellule apicale, se partage longitudinalement en deux vésicules haustoriales juxtaposées, qui, avec les deux vésicules produites par la cellule basale, entrent dans la construction d'un suspenseur proprement dit. Les quatre éléments composant les trois étages supérieurs *ce*, *cf*, *cd* dans la figure 8 constituent une tétrade en T renversé,

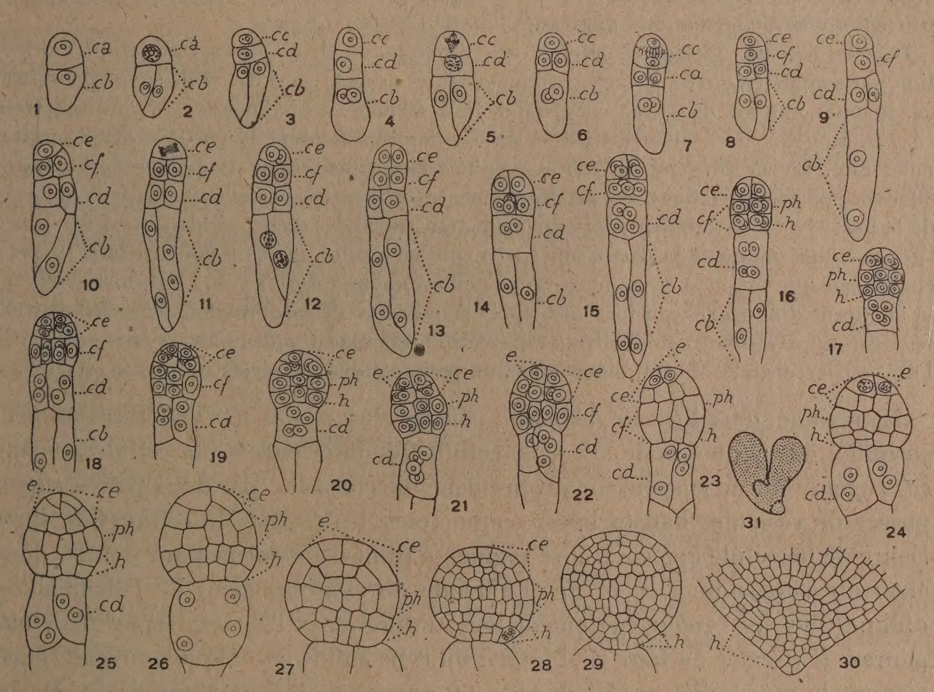


Fig. 1 à 31. — *Ervum hirsutum* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cd* et *cb*, cellule-fille inférieure de *ca* et cellule basale ou les deux paires en superposition croisée de vésicules haustoriales; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou cellule embryonnaire proprement dite; *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou partie cotylée *sensu lato*; *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* ou groupe cellulaire qui en dérive; *e*, épiphyse; *ph*, partie hypocotylée; *h*, assise génératrice du groupe hypophysaire. En 31, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 30. G. = 300; 150 pour les figures 28 à 30.

que l'on doit considérer comme une tétrade *seconde*; une tétrade *première*, de même forme, se trouve représentée en 3.

Alors que, chez les *Orobus*, l'élément *ce* se segmente, en règle générale, obliquement, chez l'*Ervum hirsutum*, il prend, de manière à peu près constante, une cloison nettement verticale, méridienne (*fig.* 12, 13, 14). La cloison est également verticale dans l'élément *cf*. Les deux dyades superposées résultant de ces deux divisions correspondent à des

(²) R. Souèges, *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 60 et 493.

quadrants. Ceux-ci, par divisions verticales méridiennes, normales aux précédentes, donnent huit octants (*fig.* 15).

Les octants inférieurs se différencient généralement avant les octants supérieurs (*fig.* 14). Souvent, ils se cloisonnent d'emblée transversalement, engendrant ainsi deux étages de 4 cellules circumaxiales (*fig.* 16), représentant déjà les deux assises *ph* et *h*, génératrices de la partie hypocotylée et de la zone hypophysaire. Dans d'autres cas, des cloisons longitudinales précèdent, dans les octants inférieurs, les parois transversales (*fig.* 18, 19, 22). Les deux assises *ph* et *h* sont définitivement différenciées en 23; des segmentations longitudinales et transversales se produisent ensuite à leur niveau (*fig.* 24 à 26); peu après, la segmentation devient irrégulière et les groupements cellulaires qu'elles engendrent ne peuvent que difficilement être distingués l'un de l'autre (*fig.* 29).

Dans les octants supérieurs, en règle très générale, les divisions sont anticlines à direction horizontale (*fig.* 18 à 21), très rarement périclines (*fig.* 26 à d.). Elles font apparaître, au sommet, autour de l'axe, un groupe de 4 éléments correspondant à une épiphyse (*e*, *fig.* 21 à 24); les 4 éléments placés au-dessous représentent la partie cotylée proprement dite. En 25, on peut assister aux premières segmentations du groupe épiphysaire; elles sont parfois périclines, isolant directement, vers l'extérieur, les initiales de l'épiderme de la tige. C'est à ce mode de cloisonnement transversal des quatre octants supérieurs et à l'étirement en pointe de la partie supérieure, qui en résulte, que l'on doit attribuer l'aspect cordiforme que prend, à ce stade, le corps embryonnaire (*fig.* 23 à 26). Les histogènes ne se montrent différenciés que fort tard, après la naissance des protubérances cotylédonaires; les tissus apparaissent bien séparés à l'extrémité radiculaire, sauf toutefois au voisinage de l'axe, où les initiales se confondent dans un petit nombre de séries cellulaires verticales.

En résumé, chez l'*Ervum hirsutum*, comme chez toutes les Viciées examinées jusqu'ici, la cellule basale, *cb*, et la cellule-fille inférieure de la cellule apicale, *cd*, engendrent un suspenseur proprement dit constitué par deux paires superposées de vésicules haustoriales; comme chez les *Orobus*, la cellule-fille supérieure de la cellule apicale, *cc*, se segmente transversalement pour donner deux éléments superposés, *ce* et *cf*. Le mode de cloisonnement de l'élément *ce*, oblique chez les *Orobus*, nettement longitudinal chez l'*Ervum*, sépare les deux genres. Il permet de faire de l'*Ervum* un type embryonomique nouveau représentant le mégarchétype VI dans le 11e groupe embryogénique de la classification périodique.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Note préliminaire sur la présence d'un pigment respiratoire chez le* Septosaccus Cuénoti (*Dubosq*). Note de M. **Charles Pérez** et Mlle **Claudette Bloch-Raphaël.**

Septosaccus Cuénoti est un Rhizocéphale, parasite du Pagure *Diogenes pugilator*. Adulte, il se présente comme un sac viscéral externe à l'hôte, prolongé à l'intérieur de celui-ci par un système de racines que seule une dissection très fine permet de distinguer. Leur description morphologique et anatomique a fait l'objet de travaux antérieurs de l'un de nous (1). Dans le sac, une mince couche

(1) Charles Pérez, *Titres et travaux scientifiques*, Fasc. II, Paris, 1935.

de chitine recouvre un manteau entourant une masse de cellules conjonctives. Parmi celles-ci on distingue un ovaire, un oviducte et un testicule. L'ensemble du sac s'ouvre par un orifice situé à son extrémité libre. C'est un parasite total puisant sa nourriture par une absorption effectuée par certaines cellules des racines.

Nous avons été frappés par les couleurs de ces parasites. Les racines sont d'un vert plus ou moins prononcé suivant les individus étudiés. Le sac externe, lui, présente une grande variété de couleur. Chez des animaux fraîchement pêchés, il est le plus souvent d'un rouge vif, chez d'autres marron, chez d'autres enfin, franchement noir. Lorsque les Pagures sont conservés au laboratoire, la proportion des animaux marrons augmente, surtout quand ils ont été sortis de leurs coquilles. La modification est rapide puisque des animaux mis à nu le matin et qui apparaissaient rouges le matin, sont marrons au moins partiellement l'après-midi. Nous avons étudié les pigments auxquels étaient dus ces colorations. Nous avons eu alors la surprise de constater que le rouge vif était dû à de l'hémoglobine. Nous avons pu l'identifier directement par un examen microspectroscopique, car les deux bandes de l'oxyhémoglobine apparaissaient; par réduction par l'hydrosulfite de sodium et par addition de pyridine nous avons obtenu un spectre encore plus intense de l'hémochromogène de l'hémoglobine. Depuis, M. Vacher a bien voulu confirmer nos résultats. Par un dispositif ingénieux, il a pu faire une mesure spectrophotométrique exacte de la position des bandes d'absorption d'un extrait obtenu à partir d'un *Septosaccus* rouge. Il a trouvé respectivement pour les bandes α et β les longueurs d'onde 5768 et 5392 Å.

D'autre part la réaction de Gmelin, pratiquée directement sur les racines, a donné un halo irisé caractéristique des pigments biliaires. Nous avons également fait la réaction de Gmelin sur des broyats de Pagures repris par l'eau et nous n'avons obtenu les anneaux de Gmelin qu'avec ceux préparés à partir de Pagures parasités.

Le voisinage de l'hémoglobine et de ses produits de désintégration normaux permet de présumer qu'il existe une liaison entre eux. La variété des aspects présentés par le sac viscéral s'expliquerait alors par le fait que dans certaines conditions l'hémoglobine est détruite à un rythme accéléré, d'où la coloration marron ou noire du sac, où des sels ferriques ont d'ailleurs pu être mis en évidence.

Nous avons également recherché un pigment respiratoire chez les Sacculines et chez les Peltogaster. Nos résultats ont été jusqu'alors négatifs.

L'intérêt de ces premiers résultats réside dans le fait qu'il est anormal de trouver de l'hémoglobine chez un parasite total d'un animal qui en est dépourvu. On peut se demander où il trouve les éléments pour former ce pigment. D'autant plus que l'élaboration d'une substance aussi complexe indique un métabolisme autonome qu'on comprend difficilement chez un parasite

aussi dédifférencié. On est même en droit de se poser la question si une telle accumulation de pigment respiratoire n'a pas une répercussion sur la physiologie de l'hôte et en particulier sur sa respiration.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Remarques sur la théorie des mouvements subsoniques, soniques et supersoniques d'un fluide compressible.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Il y a quinze ans l'auteur a attiré l'attention sur la théorie fondamentale, mais demeurée méconnue, des mouvements plans subsoniques, exposée dans la thèse de doctorat de S. A. Tchapliguine (1), soutenue en 1902 à l'Université de Moscou.

Une Note de l'auteur (2) et celles de son élève M. Basile Demtchenko (3) ont déterminé la publication de nombreux travaux consacrés au développement des résultats obtenus par Tchapliguine et au Congrès des grandes vitesses en aviation (Congrès Volta), M. L. Prandtl, M. G. I. Taylor et M. Th. de Kármán ont reconnu (4) l'importance de son travail, en réparant ainsi, du vivant du grand savant russe, l'injustice involontaire commise envers lui.

L'auteur se propose de faire quelques remarques à propos de la Note 2 terminant le Mémoire de Tchapliguine. La théorie approchée exposée dans ce Mémoire est basée sur la constatation que la valeur numérique de la grandeur K, définie par l'équation

$$K=\left(1-\frac{q^2}{c^2}\right)\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^2=\frac{1-(2\beta+1)\tau}{(1-\tau)^{2\beta+1}}, \tag{1}$$

ne diffère que peu de l'unité pour toutes les valeurs de la vitesse $q=(u^2+v^2)^{1/2}$ de l'air inférieures à 200 m/s. La pression p, la densité ρ et la célérité du son c en un point où la vitesse q est nulle, sont désignés par p_0, ρ_0, c_0. Dans le Mémoire de Tchapliguine β et τ ont les significations suivantes :

$$\beta=\frac{1}{\gamma-1},\quad \tau=\frac{q^2}{2\alpha},\quad \alpha=\frac{k\gamma\rho_0^{\gamma-1}}{\gamma-1}=\frac{c_0^2}{\gamma-1};\quad k=\frac{p_0}{\rho_0^\gamma}=\frac{p}{\rho^\gamma}.$$

Dans la Note 2 de son Mémoire (*Œuvres*, t. II, p. 88), Tchapliguine remarque qu'on peut satisfaire à l'équation $K=1$, où K est défini par (1), soit en posant $\beta=0$, ce qui correspond au cas d'un fluide incompressible, $\rho=\rho_0$, soit en posant $\beta=-1/2$. Dans ce deuxième cas on a $\gamma=-1$ et

$$\frac{c}{c_0}=\frac{p}{p_0}=\frac{\rho_0}{\rho}=\left[1+\left(\frac{u}{c_0}\right)^2+\left(\frac{v}{c_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}},\quad c_0^2=-2\alpha=-\frac{p_0}{\rho_0}. \tag{3}$$

(1) *Annales scientifiques de L'Université de Moscou. Cl. Phys. Math.*, Fasc. **21**, 1904, pp. 1-121; *Œuvres*, **2**, pp. 1-90, Léningrad, 1933.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1215.

(3) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1218 et p. 1720.

(4) *Atti dei Convegni Volta*, Roma, 1936, p. 180, p. 204, p. 241 et p. 221.

p_0/ρ_0 étant positif, la célérité du son c_0 est, en raison de (3), imaginaire; un gaz qui satisferait à la condition $\gamma = -1$ ne propagerait pas le son. Si l'on admet, en plus de la condition $\gamma = -1$, que $p_0/\rho_0 < 0$, on peut établir, comme Tchapliguine l'a mis en évidence, une corrélation remarquable entre les équations régissant les mouvements de ce gaz non lagrangien (désignation du présent auteur) et la théorie des surfaces minima. En effet, en substituant dans les équations du mouvement d'un gaz parfait

$$(4) \qquad \frac{\rho}{\rho_0}\frac{\partial\varphi}{\partial x} = \frac{\partial\psi}{\partial y}, \qquad \frac{\rho}{\rho_0}\frac{\partial\varphi}{\partial y} = -\frac{\partial\psi}{\partial x}$$

à ρ/ρ_0 son expression (3) en y posant $u = c_0(\partial\varphi/\partial x)$, $v = c_0(\partial\varphi/\partial y)$ et en éliminant ensuite dans (4) par différentiation la fonction du courant ψ, on obtient une équation identique à celle des surfaces minima et, par conséquent, si l'on pose $\varphi = z$, on peut interpréter x, y, z comme les coordonnées rectangulaires des points d'une pareille surface. La découverte de cette corrélation a permis à Tchapliguine d'établir un nouveau et important procédé de détermination d'un grand nombre de surfaces minima.

Mais en restant sur le terrain de l'Aérodynamique, il est préférable de s'en tenir à la troisième solution de l'équation $K = 1$, celle de M. B. Demtchenko (*).

On peut généraliser ce problème en considérant (*) la solution de l'équation $K = C$, où la constante C n'est pas nécessairement égale à l'unité. On a ainsi un paramètre en plus dont on peut disposer pour obtenir une meilleure approximation. En remarquant que dans l'équation (1) $c^2 = (dp/d\rho)$, en résolvant cette équation par rapport à q^2, en la différentiant et en substituant dq^2 dans l'équation $2\,dp = -\rho\,dq^2$, il vient, après réduction et intégration

$$(5) \qquad \frac{dp}{d\rho} = -\frac{1}{2}\rho\frac{d^2p}{d\rho^2}, \qquad p = \frac{b}{\rho} + b_1.$$

Les constantes b et b_1 peuvent être définies par les conditions que, pour $\rho = \rho_0$, on doit avoir $dp/d\rho = \gamma p_0/\rho_0$ et $p = p_0$.

Il n'existe pas, en général, d'équation caractéristique de la forme (5) pour les fluides réels, mais on la rencontre néanmoins dans la théorie de l'onde de choc de Hugoniot et Rankine, et ce dernier en a donné, dans ce cas particulier, une remarquable interprétation physique. On en parle aussi à propos de la théorie des ondes à amplitude finie dans les gaz. Ce n'est, en effet, que dans les gaz qui satisferaient à l'équation caractéristique (5) qu'un systèmes d'ondes planes pourrait se propager sans se déformer. On peut aussi interpréter cette équation comme expression approchée de la transformation adiabatique $\rho\,dp = \gamma p\,d\rho$. Dans la théorie linéarisée des mouvements subsoniques, soniques et supersoniques (*), on l'obtient également en éliminant la vitesse des

(*) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, Paris, 1937, n° **108**, p. 90 et pp. 35-36.

expressions simplifiées

$$\frac{p}{p_1} = \left(1 - \frac{\gamma - 1}{2}\,\frac{q^2 - q_1^2}{c_1^2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \simeq 1 - \gamma\frac{q_1^2}{c_1^2}\varepsilon, \qquad \varepsilon = \frac{q - q_1}{q_1},$$

$$\frac{\rho_1}{\rho} = \left(1 - \frac{\gamma - 1}{2}\,\frac{q^2 - q_1^2}{c_1^2}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}} \simeq 1 + \frac{q_1^2}{c_1^2}\varepsilon, \qquad c_1^2 = \gamma\frac{p_1}{\rho_1}.$$

p_1, ρ_1, c_1 sont les pression, densité et célérité du son en un point de vitesse moyenne q_1.

Dans son travail, *Calcul des valeurs absolues* (6), l'auteur a mis en évidence la corrélation qui existe entre la théorie de la variable complexe $x + \varepsilon y$, $\varepsilon^2 = +1$, et une *Géométrie hyperbolique*, correspondant à la *Géométrie hyperbolique spéciale à deux dimensions* (7) de M. Émile Borel, dont l'auteur n'a pris connaissance qu'après la publication de son travail, ainsi que la corrélation entre la théorie de la variable complexe $x + \varepsilon y$, $\varepsilon^2 = 0$ et la géométrie qu'il a nommée *parabolique*. On passe par continuité des *géométries elliptiques* ($\varepsilon^2 < 0$) par la géométrie parabolique ($\varepsilon^2 = 0$), aux géométries hyperboliques ($\varepsilon^2 > 0$), en faisant varier ε^2 de $-\infty$ à $+\infty$ (8).

Dès la publication de sa Note précitée (2), l'auteur avait en vue d'appliquer la théorie de ces variables complexes à l'étude des mouvements plans subsoniques, soniques et supersoniques. En développant cette méthode (3) et en l'étendant ensuite (9), en utilisant une deuxième fonction de courant, aux mouvements dans l'espace et aux mouvements comprenant des discontinuités, il a pu résoudre de nombreux problèmes, dont les méthodes connues n'auraient probablement pas pu venir à bout aussi facilement. Dans le cas des mouvements presque rectilignes, cette nouvelle méthode semble permettre de répondre par l'affirmative à la question de la possibilité d'une solution *unitaire* du problème des grandes vitesses en Aérodynamique, posée au Congrès Volta (4) par M. Arturo Crocco, président du Congrès.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Vignal** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Georges Perrier*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

---

(6) Autographié. Copenhague, 1919, pp. 97-119.

(7) *Introduction géométrique à quelques théories physiques*. Paris, 1914, pp. 28-37.

(8) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1277.

(9) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, **157**, Paris, 1939, pp. 14-41.

1° SAMUEL EPSTEIN et BERYL WILLIAMS. *Miracles from Microbes. The road to Streptomycin*. Préface de NORMAN KIRK (en langue anglaise).

2° SVERIGES GEOLOGISKA UNDETSÖKNING. Ser. Aa. N° 186, *Bladet « Möklinta »* IV ö 30 et Ser. Aa. N° 188, *Bladet « Avesta »* III ö 30.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème de théorie des fonctions obtenu à partir de résultats de calcul des probabilités*. Note de M. **DANIEL DUGUÉ**, présentée par M. Émile Borel.

On connait les résultats obtenus par MM. Paul Lévy, Cramer et Raikoff concernant la décomposition de variables obéissant aux lois de Laplace-Gauss et de Poisson en une somme de deux variables aléatoires indépendantes.

Une variable de Laplace-Gauss ne peut dans ces conditions être décomposée qu'en une somme de deux variables de Laplace-Gauss.

Une variable de Poisson ne peut être décomposée qu'en une somme de deux variables de Poisson.

Le but de cette Note est de donner un théorème de théorie des fonctions dont la démonstration s'obtient aisément à partir de ce dernier résultat et qui semble être la raison de tous ces phénomènes du calcul des probabilités.

Soit $f(z)$ une fonction analytique autour de l'origine et dont le développement sous la forme $\Sigma a_n z^n + \Sigma b_p/z_p$ soit tel que les coefficients a_n et b_p soient positifs ou nuls (quand l'origine est un point régulier, ces fonctions sont celles que M. S. Bernstein a appelées *absolument monotones* dans un Mémoire des *Acta Mathematica*; celles qui viennent d'être définies seront appelées *absolument monotones au sens large* dans la suite de cette Note). Si le point $z = 1$ est intérieur au domaine de convergence du développement, on sait que $f(e^{it})/f(1)$ est une fonction caractéristique.

Supposons maintenant que l'on veuille mettre e^z sous la forme du produit de deux fonctions absolument monotones au sens large $e^z = f_1(z) f_2(z)$; λ étant un nombre positif, on pourra s'arranger pour que le domaine de convergence commun au développement de $f_1(\lambda z)$ et $f_2(\lambda z)$ contienne le point $z = 1$. On aura

$$e^{\lambda(e^{it}-1)} = \frac{f_1(\lambda e^{it})}{f_1(\lambda)} \frac{f_2(\lambda e^{it})}{f_2(\lambda)}.$$

Le premier membre correspondant à la loi de Poisson et chacun des deux facteurs du second membre étant une fonction caractéristique, le résultat de M. Raikoff entraîne que chacun de ces deux facteurs doit correspondre à une loi de Poisson. Donc $f_1(z)$ et $f_2(z)$ doivent être de la forme e^{az} et e^{bz}, a et b étant positifs (et par conséquent inférieurs à 1). On a donc :

Pour que $e^z = f_1(z) f_2(z)$ [f_1 et f_2 *absolument monotones au sens large*], *il est nécessaire que* $f_1(z) = e^{az}$; $f_2(z) = e^{bz}$ $(0 < a, b < 1)$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude cinématique d'un fluide soumis à un courant axial dans des canaux interaubes en rotation.* Note (¹) de MM. **Charles Chartier** et **Joseph-Maurice Bourot**, présentée par M. Henri Villat.

La méthode et son dispositif expérimental permettent l'étude cinématique de l'écoulement du fluide dans les turbines, les pompes centrifuges et, d'une façon générale, dans des roues à aubes quelconques.

L'appareil d'étude (*fig.* 1) comprend essentiellement un rotor entouré d'un


Fig. 1.


Fig. 2.

carter clos qui en épouse la forme. Le rotor, d'axe vertical, peut tourner à différentes vitesses. Il porte le système d'aubes que l'on se propose d'étudier. Ces aubes, généralement cylindriques, ont leurs génératrices parallèles à l'arbre de rotation, qui est pris entre deux paliers à billes démontables, permettant d'enlever facilement le rotor pour modifier le profil des aubes. Le carter est fixe; il comporte un système d'adduction et d'évacuation du fluide, dont le débit est réglé par une pompe ou un ventilateur. Dans le modèle que nous avons utilisé pour mettre la méthode au point, l'adduction était périphérique, et l'aspiration se faisait au centre. Mais tout autre dispositif peut être envisagé, selon la nature de l'étude entreprise. En faisant varier le débit du ventilateur par rapport à la vitesse de rotation du rotor on obtient les différents

(¹) Séance du 21 octobre 1946.

régimes de fonctionnement d'une turbine, d'une pompe centrifuge ou d'une roue à aubes. Les parois du carter sont percées de deux ouvertures, obturées par des plaques de celluloïd : l'une, périphérique, sert au passage d'un faisceau lumineux plan, normal aux génératrices des aubes. L'autre, située à la partie supérieure du carter et au-dessus des aubes, permet de photographier la région éclairée des canaux interpales.

L'appareil photographique, objectif vers le bas, est solidaire de l'arbre de rotation. Un dispositif approprié déclenche, au moment choisi, l'ouverture de son obturateur : la photographie du canal, situé dans l'axe de l'objectif, se prend au moment où celui-ci passe dans la zone éclairée. Par ailleurs, les dispositifs habituels de la méthode chronophotographique sont réalisés grâce à un disque denté, tournant à vitesse connue et interrompant périodiquement la lumière d'un arc intensif et à l'introduction de fines particules d'aluminium dans le courant; on obtient les vitesses et les lignes de courant de l'écoulement rapportées à des axes liés au rotor. Les particules sont lamellaires et d'une extrême finesse, surtout lorsqu'il s'agit de rendre visible un écoulement gazeux à grande vitesse. Du point de vue photographique, la vitesse de rotation n'intervient pas pour limiter le champ d'application de la méthode, mais seulement la vitesse radiale. Au cours de ces expériences, nous avons souvent utilisé des vitesses radiales de l'ordre de 30 m/s.

Dans l'appareil d'étude, les aubes étaient symétriques, arrondies vers l'amont, le plan de symétrie passant par l'axe de rotation. La vitesse de l'aspiration de l'air variait, dans les canaux, de 0 à 30 m/s. Le rotor avait 50^{cm} de diamètre et pouvait tourner jusqu'à 600 t/min. Dans ces conditions, on observait, dans chaque section du canal normale à l'axe de rotation, une zone de décollement et une zone d'écoulement divisée en deux parties par une ligne à point d'arrêt, variable suivant le régime étudié.

La photographie (*fig.* 2) correspond au régime suivant :

Vitesse d'aspiration	12 m/s
» de rotation	450 t/min

Les points d'arrêt des différentes sections sont situés sur une génératrice des aubes cylindriques, qu'on peut d'ailleurs visualiser facilement en envoyant de la poudre fine de kaolin par exemple.

De plus, la structure lamellaire des particules d'aluminium permet d'obtenir d'après les variations de brillance observées, les rotations des filets fluides dans le canal [2]. La valeur calculée au voisinage de l'aube de droite était de l'ordre de 800 t/s.

---

(2) Ch. Chartier, *Détermination expérimentale de l'intensité tourbillonnaire* (*Congrès National de l'Aviation française* 1945); J.-J. Moreau, *Sur les rotations d'une particule solide de petites dimensions, entraînée dans un écoulement* (*Congrès National de l'Aviation française*).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Démonstration du principe d'ondulisation de la Mécanique quantique à partir d'un postulat statistique.* Note [1] de M. GEORGES BODIOU.

Il est connu que le principe d'ondulisation de la Mécanique quantique équivaut à une dépendance stochastique de type nouveau entre les densités complexes de probabilités des coordonnées q et celles de leurs moments conjugués p, traduite par

$$(p|)=\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{1}{\sqrt{h}}\left(\exp-\frac{2\pi i}{h}pq\right)(q|)\,dq.$$

On sait aussi que cette correspondance transforme une densité réelle gaussienne $|(q|)|^2$ en une densité réelle gaussienne $|(p|)|^2$.

On démontre ci-après que la réciproque est vraie, c'est-à-dire que si l'on considère comme acquise une dépendance stochastique entre les q et les p, du type

$$(p|)=\int f_{(p,q)}(q|)\,dq,$$

il suffit de postuler que, pour une phase convenable de $(q|)$, *à toute gaussienne réelle* $|(q|)|^2$ *pourra correspondre une gaussienne réelle* $|(p|)|^2$ *à moyenne* $\overline{p}$ *et dispersion* σ' *indépendantes de la moyenne* $\overline{q}$ *pour que* $f_{(pq)}$ *soit nécessairement identique à* $(1/\sqrt{h})\exp[-(2\pi i/h)pq]$; le postulat ci-dessus énoncé est donc équivalent au principe d'ondulisation; il a sur lui les avantages suivants :

1° il est bon qu'à la base d'une théorie de nature statistique, les postulats soient de cette nature, et non purement formels comme les énoncés habituels $p=-(h/2\pi i)(\partial/\partial q)$ ou $pq-qp=(h/2\pi i)$;

2° il a un sens physique clair : si l'on remarque que l'on peut appeler *point matériel* en mécanique classique, d'après les méthodes de mesure des conditions initiales, la donnée de deux densités gaussiennes réelles indépendantes pour p et q respectivement, le postulat proposé revient à réserver en mécanique quantique la possibilité de telles répartitions, c'est-à-dire la possibilité pour la mécanique quantique d'englober la mécanique classique comme cas particulier.

Démonstration. — Première partie. — A $|(q|)|^2=(1/\sigma\sqrt{2\pi})\exp[-(q-\overline{q})^2/2\sigma^2]$ doit correspondre par

$$(p|)=\int f_{(p,q)}(q|)\,dq \quad \text{une} \quad |(p|)|^2=\frac{1}{\sigma'\sqrt{2\pi}}\exp-\left[\frac{(p-\overline{p})^2}{2\sigma'^2}\right],$$

[1] Séance du 13 novembre 1946.

$\overline{p}$ et σ' etant indépendants de $\overline{q}$, à condition que, dans

$$(q \quad) = \frac{1}{\sqrt{\sigma\sqrt{2\pi}}} \exp\left[-\frac{(q-q)^2}{4\sigma^2}\right] \exp i\mathrm{F}_{(q)},$$

on choisisse convenablement $\mathrm{F}_{(q)}$.

On trouve d'abord $|(p|)|^2 = \mathrm{K}\left(\mathcal{G}_{(\sigma;\overline{p})}[f_{1(p,q)}]\right) \cdot \left(\mathcal{G}_{(\sigma;\overline{p})}[f^\star_{1(p,q)}]\right)$ en notant $\mathcal{G}_{(\sigma,\overline{q})}[f_{1(p.q)}]$ la transformée de Gauss de $f_{1(p.q)} = f_{(pq)} \exp i\mathrm{F}_{(q)}$ ($f^\star$ désignant la conjuguée de f).

Utilisant alors certaines propriétés des transformations de Gauss et de Fourier (voir Tricomi, *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, 1938, p. 142), et les étendant aux fonctions complexes de variable réelle (*calculs réservés*), on trouve

$$(\mathrm{I}) \quad \mathcal{F}\left[f_1(p, \sigma_1 q)\exp\left(-\frac{q^2}{2}\right) \triangle f^\star_1(p, \sigma_1 q)\exp\left(\quad\frac{q^2}{2}\right)\right]\left(\text{pour } s = i\frac{\overline{q}}{\sigma_1}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{\sigma_1}\left(\exp\frac{\overline{q}^2}{\sigma_1^2}\right) \cdot |(p \quad)|^2$$

[on a noté par $\mathrm{A} \triangle \mathrm{B}$ la Faltung de A et $\mathrm{B} = \int_{-\infty}^{+\infty} \mathrm{A}_{(\tau)}\mathrm{B}_{(q-\tau)}\, d\tau$, $\sigma_1 = \sigma\sqrt{2}$, $\mathcal{F}[\mathrm{C}_{(q)}] = \mathrm{D}_{(s)} =$ transformée de Fourier de $\mathrm{C}_{(q)}$].

Deuxième partie. — L'indépendance de $\overline{p}$ et de σ' par rapport à $\overline{q}$ permet d'écrire le second membre de (I) $\sqrt{\pi}/\sigma_1\,(\exp - s^2) \cdot |(p|)|^2$.

Utilisant alors les formules d'inversion de Fourier après avoir justifié l'application de cette inversion au premier membre de (I) (*calculs réservés*), on trouve

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f_1\left(p, \frac{\mathrm{Q}}{2} + u\right) \cdot f^\star_1\left(p, \frac{\mathrm{Q}}{2} - u\right) \frac{-1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma^2}\right) du = \frac{1}{2\sigma\sqrt{2\pi}} |(p|)|^2.$$

On démontre à partir de là, en utilisant le fait que σ est arbitraire et peut être supposé aussi voisin de zéro que l'on veut, que f_1 est nécessairement de la forme $f_{1(pq)} = \exp[\alpha_{(p)} + i\beta_{(p)} q]$, d'où l'on déduit que

$$(\mathrm{II}) \qquad \exp[2(\alpha_{(p)}) - 2\sigma^2\beta^2_{(p)}] = \frac{1}{2\sigma\sqrt{2\pi}} |(p \quad)|^2.$$

Troisième partie. — Il est alors montré que l'identification des deux membres de II pour un $|(p \quad)|^2$ gaussien satisfaisant au postulat ne peut se faire que si $4\pi\sigma\sigma' = \text{const.} = h$, la constante de Planck est ainsi introduite de façon nécessaire; on trouve alors

$$f_{p.q} = (p \quad q) = \frac{1}{\sqrt{h}} \exp\left(\pm\frac{2\pi i}{h} pq\right) \exp\left[\mp\frac{2\pi i}{h}\overline{p}q - i\mathrm{F}_{(q)}\right].$$

Or la relation fondamentale $(p \quad) = \int (p|q)(q|)\, dq$ apparaît comme une transformation linéaire de l'espace des fonctions de module carré sommable, partout définie dans cet espace, laissant les normes invariantes; c'est donc une transformation unitaire **A** (voir Julia, *Introduction mathématique aux théories quantiques*, II, p. 108), donc $\mathbf{A}^{-1} = \mathbf{A}^\star$.

Utilisant ceci pour atteindre $(q|p)$ d'une façon distincte du raisonnement précédent et identifiant les deux expressions de $(q|p)$, on trouve

$$i\mathrm{F}_{(q)} = \mp \frac{2\pi i}{h} pq.$$

Le résultat est alors établi : $f_{(p,q)} = (p|q) = (1/\sqrt{h}) \exp[\pm(2\pi i/h)pq]$ assure seul la satisfaction du postulat proposé [à la condition supplémentaire de prendre $i\mathrm{F}_{(q)}$ comme ci-dessus].

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Méthodes d'approximations. Sur l'équivalence de la méthode d'itération et de la méthode des moments.* Note [1] de MM. **Edmond Arnous** et **Serge Colombo.**

La méthode d'itération a été utilisée avec succès il y a quelques années pour l'étude des noyaux légers [2]. Elle est équivalente à la *méthode des moments*, obtenue dernièrement par l'un de nous [3], comme approximation de la méthode (rigoureuse) *de la fonction caractéristique*. Son originalité, à notre avis, est de permettre le calcul des niveaux d'énergie à partir d'une fonction d'onde qui, en principe du moins, peut être à peu près arbitraire. Elle s'oppose ainsi résolument aux autres méthodes d'approximation, dont l'objet essentiel est de rechercher des fonctions d'onde aussi voisines que possible des fonctions propres de l'hamiltonien H. C'est pourquoi nous pensons que son intérêt dépasse le domaine dans lequel elle a été utilisée jusqu'ici et mériterait d'être étudiée de plus près. Nous nous contenterons de souligner l'équivalence de la méthode d'itération et de la méthode des moments et de préciser les meilleures conditions de leur utilisation.

Donnons-nous une fonction d'onde φ et désignons le moment d'ordre ν par $m_\nu = (\varphi, \mathrm{H}^\nu \varphi)$. La méthode d'itération se propose de chercher la meilleure fonction d'onde de la forme

$$\Psi = \lambda_0 \varphi + \lambda_1 \mathrm{H} \varphi + \ldots + \lambda_{\mathrm{K}-1} \mathrm{H}^{\mathrm{K}-1} \varphi.$$

On peut l'obtenir par une méthode d'extremum lié. On cherche pour cela à rendre le produit scalaire $(\Psi, \mathrm{H}\Psi)$ maximum en maintenant constante la norme de Ψ. On est ainsi conduit à l'équation

$$\delta(\Psi, \mathrm{H}\Psi) - \mathrm{E}\,\delta(\Psi, \Psi) = 0, \tag{1}$$

---

(1) Séance du 13 novembre 1946.

(2) Consulter par exemple H. R. Hasse, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 26, 1930, p. 542; E. Feenberg and J. K. Knipp, *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 850; 48, 1935, p. 906; D. T. Warren and Margenau, *ibid.*, 52, 1937, p. 1027; G. Horvay, *ibid.*, 55, 1939, p. 70.

(3) E. Arnous, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1939, p. 83.

où l'on fait porter la variation δ sur les λ_i. Or

$$(\Psi, H\Psi) = \sum \lambda_i \lambda_j m_{i+j+1}$$

et

$$(\Psi, \Psi) = \sum \lambda_i \lambda_j m_{i+j};$$

l'équation (1) s'écrit donc de façon explicite

$$\sum_{i,j=0}^{K-1} \lambda_i (m_{i+j+1} - E m_{i+j}) \delta\lambda_j + \lambda_j (m_{i+j+1} - E m_{i+j}) \delta\lambda_i = 0.$$

Il ne reste plus qu'à annuler les coefficients de $\delta\lambda_i$ ce qui conduit au système linéaire et homogène en λ_j

$$\sum_j (m_{i+j+1} - E m_{i+j}) \lambda_j = 0 \qquad (i = 0, \ldots, K-1).$$

Pour que ce système ait des solutions, le déterminant de ses coefficients, doit être nul

$$\Delta(E) = \begin{vmatrix} m_1 - E & m_2 - E m_1 & \ldots & m_K - E m_{K-1} \\ m_2 - E m_1 & m_3 - E m_2 & \ldots & \ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots \\ m_K - E m_{K-1} & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots \end{vmatrix} = 0.$$

Les valeurs approchées de l'énergie sont racines de cette équation.

Très différente est l'idée générale de la méthode des moments. Elle cherche à construire une loi de probabilité aussi voisine que possible de la loi réelle de l'énergie, en résolvant le problème suivant (Tchebycheff). Déterminer K nombres $E_1 \ldots E_K$ et K probabilités $P_1 \ldots P_K$, de telle sorte que la répartition ainsi définie ait pour $2K-1$ premiers moments, les moments $m_1 \ldots m_{2K-1}$ de la loi de H. C'est le célèbre *problème algébrique d'ordre* K. Sa mise en équation est immédiate. Il s'agit de résoudre le système

$$\begin{aligned} P_1 + P_2 + \ldots + P_K &= 1 \\ P_1 E_1 + P_2 E_2 + \ldots + P_K E_K &= m_1 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ P_1 E_1^{2K-1} + P_2 E_2^{2K-1} + \ldots + P_K E_K^{2K-1} &= m_{2K-1}. \end{aligned}$$

Ce qui conduit à l'équation

$$\begin{vmatrix} 1 & E & E^2 & \ldots & E^K \\ 1 & m_1 & m_2 & \ldots & m_K \\ m_1 & m_2 & m_3 & \ldots & m_{K+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ m_{K-1} & m_K & m_{K+1} & \ldots & m_{2K-1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \ldots & 0 \\ 1 & m_1 - E & \ldots & m_K - E m_{K-1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ m_{K-1} & m_K - E m_{K-1} & \ldots & m_{2K-1} - E m_{2K-2} \end{vmatrix} = 0,$$

c'est-à-dire encore à $\Delta(E) = 0$. Les méthodes sont bien équivalentes.

Il est facile maintenant de préciser dans quelles conditions la méthode est utilisable. Il faut d'abord, bien entendu, que la loi de probabilité déterminée par $E_1 \ldots E_K$ et $P_1 \ldots P_K$ tende, pour K suffisamment grand, vers la loi de probabilité de H. Il suffit pour cela, on le montre, que la loi de H soit bornée, c'est-à-dire que le choix de φ conduise pour les grandes valeurs de l'énergie à des probabilités nulles, ou du moins très petites.

Il faut ensuite ne pas avoir un trop grand nombre de moments à calculer pour obtenir une bonne approximation. Cela exige que les probabilités des valeurs de l'énergie, auxquelles on s'intéresse, soient grandes, c'est-à-dire en somme que φ ne soit pas trop orthogonale aux fonctions propres correspondantes.

ASTROPHYSIQUE. — *Inégalité de la température des régions polaires et équatoriales du Soleil, décelée par la mesure de la température de couleur apparente en différents points de sa surface.* Note [1] de MM. **Paul Proisy** et **Junior Gauzit**, présentée par M. Bernard Lyot.

1. Nous avons recherché si la température de couleur du Soleil varie avec la latitude, en comparant les variations de cette température mesurée le long du diamètre équatorial et du diamètre passant par les pôles, à l'aide du dispositif utilisant la dispersion rotatoire (leucoscope) dont nous avons déjà rappelé le principe [2].

Une comparaison des mesures bolométriques faites suivant ces deux diamètres, à l'Observatoire du Mont Wilson par Aldrich [3], n'a mis en évidence aucune différence, mais, sans donner d'indication sur leur précision, l'auteur signale que ses mesures le long du diamètre Nord-Sud étaient assez peu précises. La discussion que nous avons faite de la précision obtenue avec le leucoscope [4] nous invitait à reprendre cette recherche.

Nous avons modifié le montage décrit, afin d'affaiblir très fortement le faisceau solaire. Une plaque métallique, percée d'un trou de $0^{mm},1$ de diamètre et placée dans le plan focal de la lunette du sidérostat de l'Observatoire de Lyon, isole une très petite portion de la surface du Soleil dont l'image a un diamètre de 56^{mm}.

2. Nous avons fait six comparaisons des deux rayons, comportant chacune une cinquantaine de mesures, les 24 et 31 juillet et le 2 août 1945. A cette époque, l'inclinaison de l'axe de rotation du Soleil, voisine de son maximum,

---

(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 607.

(3) *Annals of the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution*, **4**, 1922, p. 254.

(4) *Revue d'Optique* (sous presse).

était de 25° environ; le pôle Nord se projetait alors sur le disque solaire, à une distance du centre égale aux neuf dixièmes du rayon.

Chaque comparaison fait apparaître une diminution de la température de couleur apparente le long du rayon passant par le pôle Nord systématiquement plus accentuée que le long du rayon équatorial.

Pour préciser cette différence, nous avons réduit nos mesures à une même masse d'air M = 1,2 : *la température de couleur apparente de la photosphère est plus faible le long du rayon polaire, lorsque l'on s'approche du bord à moins d'un tiers du rayon solaire.*

Nous avons déterminé la température de couleur apparente au centre, hors de l'atmosphère terrestre (M = 0), en extrapolant les valeurs trouvées pour diverses valeurs de M. Les résultats ont varié de 7200° à 8000°, avec une moyenne pondérée de 7650°, valeur en accord avec celle déduite récemment de leur étude spectrophotométrique par Mlle R. Canavaggia et D. Chalonge [5]. La température adoptée au centre permet de déterminer le coefficient correspondant à l'absorption atmosphérique et, par suite, de calculer les températures de couleur apparentes aux différents points visés.

La réduction a été faite pour les trois valeurs de l'absorption atmosphérique qui donnent, au centre, une température de couleur apparente égale à 7000, 7500 et 8000°K. Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus : 1° pour M = 1,2, et 2° pour M = 0, en adoptant la valeur moyenne de l'absorption atmosphérique.

La température de couleur apparente de la photosphère au pôle Nord est inférieure de 150 à 200° à celle du point correspondant du rayon équatorial.

Variation de la température de couleur du Soleil le long d'un rayon équatorial R_e *et du rayon passant par le pôle Nord* R_p, *en fonction de la distance au centre* d, *le rayon solaire étant pris égal à l'unité* : 1° *à travers une masse d'air* = 1,2; 2° *hors de l'atmosphère terrestre* (M = 0).

		d......	0.	0,464.	0,643.	0,821.	0,911.	1.
1° M = 1,2	R_e	T_c °K......	5840	5700	5550	5320	5140	4780
	R_p	»	5840	5700	5550	5275	5000	4420
2° M = 0	R_e	T_c °K......	7500	7250	7000	6670	6325	5820
	R_p	»	7500	7250	7000	6610	6145	5180

Notons, d'ailleurs, que les valeurs trouvées au bord ($d = 1$) sont probablement altérées par le chromatisme de grandeur de la lunette; nous les avons cependant portées dans le tableau, parce qu'elles confirment la différence entre les deux rayons, l'aberration modifiant le résultat dans le même sens dans les deux cas.

3. Les deux courbes de variation obtenues se séparent au voisinage du point d'abscisse $d = 0,643$; ce point correspond à la latitude 65° Nord.

---

(5) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 132.

Après avoir vérifié que les points visés dans les zones équatoriales ne coïncidaient pas avec des plages faculaires, nous sommes amenés à affirmer que la température de couleur de la photosphère décroît vers les régions polaires, au delà d'une latitude égale à 65° environ, tandis qu'elle suit la même loi de variation jusqu'à cette latitude, le long des deux rayons considérés.

Ce résultat peut s'expliquer sans doute par les mouvements tourbillonnaires qui sont à l'origine des phénomènes solaires et qui amènent des masses gazeuses internes chaudes à la surface de la photosphère et jusque dans la chromosphère, provoquant un réchauffement qui déborde les zones royales. Ce phénomène serait donc lié à l'activité solaire; il sera intéressant de rechercher s'il subsiste entièrement ou partiellement au prochain minimum de cette activité.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Sur la formation du corps solide par les radioéléments.* Note (¹) de Mlle CATHERINE CHAMIÉ, transmise par M. Paul Langevin.

Les radioéléments permettent d'observer la formation du corps solide à partir des atomes et des molécules isolés à l'état de grande dilution. Deux méthodes ont été employées.

1. *Méthode photographique.* — Si un radioélément, émetteur de rayons α, forme un assemblage d'atomes ou de molécules de son composé et que ce grain se trouve pressé contre la gélatine de la plaque photographique, on obtient, après développement, l'image d'un point noir qui, au microscope, apparaît comme une étoile dont les rayons ont pour longueur le parcours des rayons α de l'élément dans la gélatine. Nous avons étudié [2] par cette méthode photographique la répartition des radioéléments sur des surfaces activées par les dépôts actifs dans les gaz, ou par des solutions de radioéléments évaporées à sec; la répartition des radioéléments dans les mélanges d'air et des émanations; la répartition des radioéléments après précipitation par un réactif dans une goutte de solution déposée sur la gélatine protégée contre l'attaque par le liquide, etc. Dans ces cas, nous avons trouvé des images photographiques en étoiles caractéristiques de la répartition discontinue du radioélément en groupements qui, pour les milieux gazeux, sont des associations d'atomes, tandis

(¹) Séance du 13 novembre 1946.

(²) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1243; **185**, 1927, pp. 770 et 1277; **186**, 1928, p. 1838; **208**, 1939, p. 1300; *Journ. de Phys. et Rad.*, **10**, 1929, p. 44; *Journ. de Chim. phys.*, **29**, 1932, p. 242; Mlle C. CHAMIÉ et LA. GOLDSTEIN, *Journ. de Chim. Phys.*, **28**, 1931, p. 228; H. HERSZFINKIEL et H. JEDRZEJOWSKI, *Comptes rendus*, **188**, 1928, pp. 1167 et 1043; Mlles M. BLAU et E. RONA, *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien.*, **139**, 1930, p. 275; O. HAHN et O. WERNER, *Naturwiss.*, **49**, 1929, p. 961.

que pour les liquides ce sont des assemblages de molécules formant des cristaux, des agrégats colloïdaux, ou de grains amorphes quelconques.

La répartition uniforme des radioéléments donne un noircissement continu qu'on ne doit pas confondre avec celui que provoque le rayonnement pénétrant ou un excès d'activité α. L'absence de groupements a été observée pour des solutions ioniques, pour l'émanation sortant par ébullition d'une solution de sel de Ra si l'on opère rapidement pour éviter l'accumulation du RaA, pour des solutions de radioéléments à l'état d'extrême dilution, pour les surfaces en argent activées par des solutions acides où le Po à l'état ionique attaque l'argent, tandis qu'en solution neutre il forme des agrégats qui se déposent sur l'argent comme sur n'importe quelle surface et donnent les images photographiques des groupements.

2. *Diffusion du recul.* — Le ThC″, isotope du Tl, projeté par recul par une source de ThC, ne diffuse pas comme les émanations ([3]). D'après l'hypothèse de P. Langevin ([4]), la plus grande partie du ThC″ est réadsorbée par la source et celle qui s'échappe est adsorbée par le récepteur. Si le récepteur s'éloigne de la source, la diffusion du ThC″ suit la loi de la diffusion des agrégats polyatomiques. Ainsi les atomes de recul, trop peu nombreux pour se rencontrer dans l'air, adhèrent aux solides étrangers, tandis que pour des dilutions moins grandes ils forment des groupements homogènes, comme le font les dépôts actifs des émanations.

On pourrait généraliser l'hypothèse de P. Langevin et l'appliquer aux éléments à l'état d'extrême dilution qui sortent de la phase liquide par précipitation ou par évaporation en adhérant aux surfaces ou aux corps étrangers. Il semble qu'un atome (ou une molécule) appartenant à la catégorie des solides ne peut rester isolé et est doué de la propriété d'adhérer à d'autres atomes ou molécules semblables pour former des groupements ou, à défaut de rencontre, d'adhérer à d'autres solides étrangers.

Soient x atomes ou molécules qui sortent des phases gazeuses ou liquides; ils forment y groupes avec z atomes ou molécules par groupe, en supposant pour simplifier que z soit le même dans chaque grain, ce qui en moyenne est à peu près correct. Posons, en première approximation, $z = x^m$ et $y = x^{1-m}$, où m est un paramètre qui dépend des conditions physiques et chimiques de la formation du solide avec $0 \leq m \leq 1$. Pour les deux cas limites on a 1° $m = 0$, alors $z = 1$ et $y = x$, c'est la répartition monoatomique ou monomoléculaire, comme, par exemple, l'adhésion individuelle des atomes aux surfaces; 2° $m = 1$, alors $z = x$ et $y = 1$, c'est la formation d'un bloc unique de matière solide.

([3]) Mlle C. Chamié, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1107 et **197**, 1933, p. 1937; *Journ. de Phys. et Rad.*, **5**, 1934, pp. 54 et 436; Mlle C. Chamié et M. Tsien San-Tsiang, *Journ. de Phys. et Rad.*, **1**, 1941, p. 46.

([4]) *Jour. de Phys. et Rad.*, **5**, 1934, p. 57.

Sauf ces cas limites, la formation du solide se fait par groupements discontinus, en obéissant à l'équation $du/dx = C\,u/x$, où la fonction u est respectivement égale à z avec $c = m$ et à y avec $c = 1 - m$.

Conclusion. — 1° L'effet photographique des agrégats des radioéléments, désigné ([5]) par *effet Chamié*, met en évidence la formation et la répartition des corps solides à l'échelle microscopique; 2° l'hypothèse de P. Langevin sur l'adhésion du recul aux surfaces peut être généralisée pour les solutions extrêmement diluées des radioéléments; 3° la variation du nombre de groupes et du nombre d'atomes ou molécules par groupe est proportionnelle à leurs rapports au nombre d'atomes ou de molécules présents.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'élimination du courant résiduel dans les cellules photoélectriques.* Note de M. **André Lallemand**, présentée par M. Aimé Cotton.

Une cellule photoélectrique alimentée par une source de tension débite normalement un certain courant lorsqu'elle est plongée dans l'obscurité totale. Ce courant, désigné sous le nom de *courant résiduel* ou *courant d'obscurité*, limite par ses fluctations le plus faible signal lumineux mesurable par cette cellule. Le courant résiduel est particulièrement gênant dans la cellule à multiplicateurs d'électrons qui permet de s'affranchir des fluctations dues aux amplificateurs à lampes (Effet Johnson). Dans une cellule bien construite et bien vidée, ce courant a principalement son origine dans l'émission thermique et dans l'émission de champ de la photocathode. On réussit à diminuer l'émission thermique en refroidissant la photocathode ou en utilisant des couches non sensibles dans l'infrarouge (couches antimoine-césium). Le refroidissement conduit à des montages compliqués; d'autre part l'émission thermique des couches antimoine-césium, bien que 100 fois inférieure à celle des couches oxyde d'argent-césium, peut ne pas être négligeable.

L'émission thermique est proportionnelle à la surface de la photocathode; en réduisant cette surface on peut réduire l'émission thermique dans les mêmes proportions, mais l'expérience montre qu'il est impossible de réaliser de bonnes cathodes photoémissives ayant des dimensions très réduites; de plus l'émission de champ sur les bords existent toujours. Les ressources de l'optique électronique nous ont permis de tourner cette difficulté. Les lentilles électrostatiques ou magnétiques permettent de faire correspondre point par point la surface émissive de la photocathode à la surface réceptrice : l'anode. Si nous découpons dans l'anode une surface de très faible étendue, on peut y faire

---

([5]) O. Hahn, *Applied Radiochemistry*, London, 1936; Mme Joliot-Curie, *Les radioéléments naturels*, Paris, 1946.

correspondre sur la photocathode une surface conjugée également de très faible étendue en prenant un agrandissement convenable, par exemple de 1. En formant sur cette surface une image lumineuse de plus petites dimensions, nous ne recevrons sur l'élément d'anode que le courant photoélectrique intéressant et le très faible courant d'origine thermique de l'élément considéré de la photocathode. Le courant de champ qui prend naissance sur les aspérités des bords de la photocathode est complètement éliminé.

L'anode pourra être constituée par une plaque percée d'un petit trou et l'électrode collectrice par un petit disque placé derrière le trou. Les mesures peuvent être faussées par l'émission secondaire de l'électrode collectrice; on peut éviter cet inconvénient en portant l'électrode collectrice à un potentiel plus élevé que celui du disque protecteur.

Nous avons pu réaliser une cellule à multiplicateurs à cinq étages à l'argent oxydé-césium. Une optique magnétique nous a permis de former une image électronique de la photocathode successivement sur chaque multiplicateur, puis en définitive sur une petite électrode collectrice dont la surface utile avait quelques millimètres de diamètre. Le grandissement électronique était voisin de l'unité. Pour cette cellule le courant résiduel capté par l'électrode collectrice est 80 fois plus faible que le courant capté par l'électrode de protection.

Ce dispositif permet de se rendre compte de l'importance de la lumière diffusée par la couche photosensible et de mesurer quel est le gain réalisé en donnant à la couche photosensible, dans le cas d'une cellule ordinaire, la forme d'un corps noir; ce qu'on ne peut pas réaliser facilement, puisqu'il est impossible de faire deux couches ayant des propriétés photoémissives identiques.

Ici nous avons donné à la couche photoémissive les propriétés d'un corps noir, la couche étant sensiblement sphérique, la lumière pénétrant par une ouverture latérale de faibles dimensions. On projette sur la photocathode une image presque ponctuelle donnant un courant photoélectrique bien supérieur au courant d'obscurité. Lorsque l'on fait passer l'image électronique sur la petite anode collectrice, le courant capté par cette électrode passe de 0 à 8 microampères. C'est le courant qui provient du flux incident direct, mais une partie de cette lumière est réfléchie et diffusée par la couche photosensible et finalement absorbée par la couche entière. On peut, en utilisant l'anode protectrice, mesurer le courant photoélectrique total émis par tous les points de la couche, y compris celui capté par la petite anode, et l'on a trouvé dans les mêmes conditions 16 microampères. On voit que la quantité de lumière réfléchie ou diffusée par une couche photoélectrique est loin d'être négligeable, et il y a intérêt à donner aux cellules ordinaires la disposition du corps noir.

PHOTOPHORÈSE. — *La photophorèse en lumière polarisée.* Note (1) de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Des recherches récentes (2) ont montré que les particules en suspension dans l'air se déplacent sous l'action d'un faisceau lumineux intense (photophorèse) et que ces déplacements peuvent, pour certaines particules, être modifiés par la présence d'un champ électrique ou magnétique. J'ai cherché ce que deviennent ces phénomènes lorsque le faisceau lumineux intense, qui agit sur les particules, est polarisé.

Le système optique, dont l'axe est constamment dirigé vers le Soleil, comprend un biréfringent et une lentille achromatique de faible ouverture ($f/7,5$) qui concentre l'un des faisceaux au centre de la cuve à particules.

Les diverses suspensions que j'ai examinées en lumière polarisée sont les suivantes :

a. Les suspensions de bleu alcalin et les suspensions de soufre, qui éclairées en lumière naturelle, contiennent les unes et les autres des particules attirées et des particules repoussées dans la direction de propagation du faisceau; les fumées issues de la combustion du tabac et du papier qui contiennent des particules toutes attirées; la fumée produite dans la combustion de l'essence de térébenthine, dont les particules sont toutes repoussées.

b. Les suspensions de cuivre, provenant d'un arc entre électrodes de cuivre dans l'azote et dont certaines particules, électriquement neutres, subissent un déplacement sous l'action combinée d'un faisceau de lumière naturelle et d'un champ électrique (électrophotophorèse); ce déplacement a lieu dans la direction du champ, dans un sens ou dans l'autre.

c. Les suspensions de fer [fer oméga (3), ou particules provenant de l'arc au fer dans l'azote] et dont certaines particules soumises à l'action combinée d'un faisceau lumineux et d'un champ magnétique se déplacent dans la direction du champ, soit dans un sens, soit dans l'autre (magnétophotophorèse).

J'ai constaté que lorsqu'on met le polariseur rectiligne sur le faisceau, tous ces phénomènes subissent une baisse d'intensité corrélative de la diminution de l'intensité du faisceau, mais leur allure générale n'est pas modifiée. En particulier, qu'il s'agisse d'électrophotophorèse ou de magnétophotophorèse, on aperçoit toujours autant de particules se dirigeant dans le sens du champ que de particules se dirigeant en sens inverse.

Enfin il était intéressant d'étudier les mêmes phénomènes en lumière pola-

---

(1) Séance du 13 novembre 1946.

(2) Ehrenhaft, *Annales de Physique*, 13, 1940, p. 151; P. Tauzin, *Comptes rendus des Séances de la Société Française de Physique*, 1945, p. 22 S.

(3) Poudre de fer fabriquée à partir du fer carbonyle, et dont les particules examinées au microscope apparaissent bien sphériques.

risée circulaire. On sait en effet que le déplacement des particules sous l'action des agents suivants : lumière seule ou associée à un champ électrique ou magnétique se produit en fines spirales autour de la direction moyenne du déplacement. J'ai fait les observations en lumière circulaire dans un cas particulier, celui de la magnétophotophorèse des particules de fer avec champ magnétique parallèle à l'axe du faisceau; l'action de la lumière s'ajoute alors à celle du champ et les spirales paraissent particulièrement nettes.

L'aspect général des phénomènes en lumière circulaire est le même qu'en lumière naturelle. Le passage de la lumière circulaire droite à la lumière circulaire gauche ne modifie pas le mouvement de translation des particules ([1]).

On peut donc conclure que, d'une façon générale, la polarisation du faisceau lumineux n'a pas d'influence sur les phénomènes de photophorèse. Ce fait peut paraître surprenant dans le cas de la magnétophotophorèse, en particulier lorsque le champ magnétique extérieur est parallèle au champ magnétique de l'onde lumineuse rectilignement polarisée. Du point de vue électromagnétique, le faisceau lumineux et le champ extérieur possèdent, dans ce cas, un plan de symétrie commun passant par l'axe du faisceau et perpendiculaire à la direction du champ magnétique. On ne comprend pas, dès lors, pourquoi il existe des particules sphériques soumises au faisceau et au champ qui se déplacent dans la direction du champ.

La difficulté de concilier l'expérience avec la remarque précédente serait très sérieuse si les particules en question subissaient un mouvement rectiligne dans la direction du champ magnétique. En réalité, comme je l'ai indiqué, l'expérience montre que, pour beaucoup de ces particules, ce mouvement n'est pas rectiligne; mais il apparaît nettement en spirale autour de la direction du champ magnétique. Ce fait est à rapprocher d'une remarque faite autrefois par P. Curie ([2]) : « Si l'on pouvait placer une sphère chargée de magnétisme libre dans un champ magnétique, on aurait une force et ceci semble à première vue en contradiction avec l'existence du plan de symétrie normal au champ. Une telle sphère doit présenter la dissymétrie énantiomorphe, comme les molécules dissymétriques douées de pouvoir rotatoire ». On peut se demander s'il n'y a pas une relation entre la dissymétrie caractéristique du magnétisme libre et le fait que le mouvement de magnétophotophorèse se produit en spirale. En tout état de cause les objections faites à la magnétophotophorèse en invoquant le principe de symétrie, paraissent sans fondement. Il n'en reste pas moins vrai que cette conclusion n'est pas une explication des phénomènes, lesquels dans leur ensemble demeurent mystérieux.

([1]) Toutefois, le dispositif utilisé ne m'a pas permis de déterminer si le sens des spirales est ainsi inversé. D'autre part, je n'ai fait d'expériences que pour le spectre visible.

([2]) *Journal de Physique*, 3e série, 3, 1894, p. 416.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux aspects de la réaction de Bouveault et Blanc.* Note [1] de MM. **Léon Palfray** et **Paul Anglaret**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente [2] nous avons montré que l'introduction d'un adjuvant convenable, capable de détruire l'alcoolate se développant dans le milieu, permettait une étude commode du processus de la réaction de Bouveault et Blanc. Cette étude nous a, en particulier, permis d'établir théoriquement l'équation $\rho = f(\mathrm{Na})$ de la famille des courbes obtenues lorsque, avec le mode opératoire que nous avons choisi, on fait varier la concentration initiale en ester C_i :

1° $C_i \leqq (1-b)/a$,

$$\rho = 100\left(1+\frac{b}{aC_i}\right)\left[1-e^{-\frac{aC_i}{100}(\mathrm{Na})}\right];$$

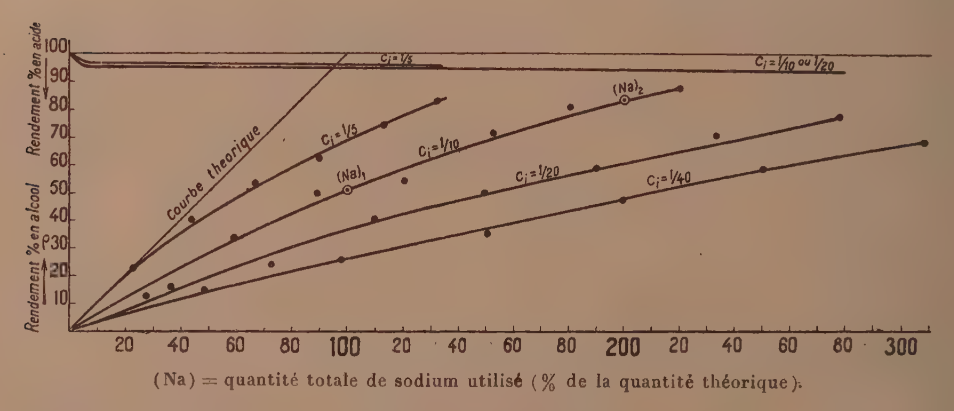
2° $C_i \geqq (1-b)/a$,

$$\rho = 100\left(1+\frac{b}{aC_i}\right) - \frac{100}{aC_i}e^{aC_i\left[1+\frac{(\mathrm{Na})}{100}\right]+b-1},$$

a et b sont deux constantes qui se calculent à partir des rendements ρ_1 et ρ_2 obtenus avec deux quantités de sodium $(\mathrm{Na})_1$ et $(\mathrm{Na})_2$ telles que $(\mathrm{Na})_2 = 2(\mathrm{Na})_1$ par les formules suivantes :

$$a = \frac{460}{(\mathrm{Na})_2 C_i}\log\left(\frac{\rho_1}{\rho_2-\rho_1}\right), \qquad b = aC_i\frac{10^{-2}\rho_1^2 - 2\rho_1 + \rho_2}{2\rho_1 - \rho_2} \qquad \left(\text{valables si } C_i \leqq \frac{1-b}{a}\right).$$

Voici comme exemple les courbes obtenues en ajoutant peu à peu le sodium



(Na) = quantité totale de sodium utilisé (% de la quantité théorique).

au mélange butanol, oléate de butyle, borate de butyle à une concentration de 4 %. Un morceau de sodium de 0g,2 est introduit lorsque le précédent a disparu et l'on ajoute un mélange de butanol et de borate de butyle, de façon

(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 205.

que la quantité de ces deux réactifs reste constante dans le ballon. Après avoir introduit 10 %, 20 %, 30 % etc. de la quantité théorique de sodium, on fait des prises d'essai sur lesquelles on détermine le rendement en alcool par dosage de l'ester restant et de l'acide apparu.

a et b calculés par exemple à l'aide des points indiqués sur le graphique ont pour valeur $a = 4,7$; $b/a = 0,037$. En remplaçant dans les formules précédentes, on peut vérifier que la concordance est très bonne.

Ces résultats nous ont conduits à rechercher quelles étaient les réactions permettant d'interpréter commodément les conclusions formulées dans notre première Note. Le meilleur procédé, semble-t-il, de préparation des acyloïnes consiste à ajouter l'ester à du sodium dispersé dans du xylène à une température de 100° ([3]). Or, si l'on refait la même expérience en mélangeant au préalable à l'ester la quantité théorique d'un alcool, on obtient avec d'aussi bons rendements l'alcool correspondant à l'acide de l'ester ([4]). Nous en avons déduit que la réaction de Bouveault et Blanc ne différait de la réaction de Bouveault et Locquin que du fait de la présence de H se fixant sur un certain composé intermédiaire et changeant ainsi l'évolution de la réaction. Comme le mécanisme le plus récent ([5]) de la formation des acyloïnes admet le passage par $RC\langle^{ONa}_{OR'}$, nous en avons conclu que c'est le radical qui constitue l'ester activé dont l'hydrogénation fournit $RCH\langle^{ONa}_{OR'}$, perdant ensuite une molécule d'alcoolate :

1° Soit directement en donnant l'aldéhyde, qui, formé à la surface du sodium, est immédiatement réduit en alcool primaire ;

2° Soit par une réaction de Tischtchenko donnant $R.CO.O.CH_2R$, ester dont la réduction par le même mécanisme fournit l'alcool cherché. Remarquons que si, dans cette réaction, il ne s'élimine qu'une molécule d'alcoolate, on obtient l'éther-oxyde mixte correspondant, dont la formation accessoire a souvent été observée ([6]),

$$RCH\langle^{OR'}_{ONa} \quad {}^{NaO}_{R'O}\rangle CHR \rightarrow RCH\langle_{ONa} \overset{O}{} {}_{R'O}\rangle CHR \rightarrow R\cdot CO\cdot ONa + RCH_2OR'.$$

Cependant, Drins ([7]), dans un cas bien particulier, a pu isoler 2 à 3 % d'aldéhyde, ce qui semble appuyer la première hypothèse.

Quant au composé non réduit, conformément à l'explication donnée pour

---

([3]) V. L. HANSLEY, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2303.
([4]) E. I. DU PONT DE NEMOURS et Cie, A. P., 2070 507.
([5]) J. M. SNELL et M. M. ELVAIN, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 750.
([6]) G. BLANC, *Amer. Perfumerie*, 17, 1922, p. 57,
([7]) *Rec. Tr. Chim. Pays-Bas*, 42, 1923, p. 1050.

l'apparition d'acide lors de la préparation des acyloïnes ([2]), nous avons admis qu'il avait pour formule

$$RC\begin{cases} ONa \\ OR' \\ OR' \end{cases}$$

Notre étude, si incomplète soit-elle, nous a ainsi permis de jeter un peu de lumière sur une réaction qui, malgré son importance pratique et les nombreux travaux qu'elle a suscités, n'avait pas jusqu'ici, à notre connaissance du moins, fait l'objet d'une analyse détaillée.

MINÉRALOGIE. — *Sur la présence de la francolite et sur la répartition du phosphore dans le minerai de fer de Moulaine.* Note de Mlle **Simonne Caillère** et M. **François Kraut**.

La composition minéralogique du minerai de fer de Moulaine est assez constante dans les cinq horizons minéralisés qui font l'objet de cette Note. Ce sont les couches verte, noire, jaune et rouge, dans lesquelles prédominent les éléments transparents.

Les oolithes sont en stilpnosidérite; elles montrent une évolution vers la limonite dans les niveaux moyens. Leur zone corticale s'est développée autour d'un noyau, soit en quartz, soit en limonite. On retrouve ces deux minéraux sous forme de fragments clastiques directement dans le ciment. Toutes les couches sont riches en fossiles épigénisés, en calcite et en stilpnosidérite. Elles renferment également des débris d'os constitués par un agrégat de cristaux que leurs caractères microscopiques permettent de rapprocher du phosphocarbonate de chaux : la dahlite. La gangue est calcaire et ferrugineuse; dans les trois niveaux inférieurs elle contient un peu de chlorite et une grande quantité de kaolinite.

Examinons de plus près le minerai de la couche grise qui nous intéresse particulièrement. A l'œil nu, il paraît hétérogène. Des ilôts d'une roche compacte sont englobés dans une masse à gros grain dont le ciment est tantôt chloriteux, tantôt calcaire. Au microscope on remarque dans les parties calcaires quelques plages de chlorite entourant des sections hexagonales d'un minéral transparent. Ces cristaux isolés ou groupés en rosettes polarisent dans les tons gris blanc et apparaissent parfois divisés en six secteurs. Leur indice de réfraction est supérieur à celui de la chlorite. Ils sont uniaxes négatifs. L'ensemble de ces caractères rappelle la francolite ([1])

$$(CaF_2)Ca_9(PO_4)_6CaCO_3 + H_2O.$$

Ajoutons que seule une faible partie des 5,35 % de P_2O_5, mis en évidence par

---

([1]) A. Lacroix, *Min. de la France et de ses colonies*, 4, p. 558.

l'analyse chimique d'un échantillon de la couche grise, est due à la francolite et à la dahlite; la majeure partie du phosphore doit se trouver à l'état dispersé.

Pour étudier la répartition de cet élément, nous avons attaqué, sous le microscope par le réactif molybdique, la poudre et les plaques minces des minerais des différents niveaux. Partout la précipitation du phosphomolybdate d'ammonium se produit immédiatement avec la gangue calcaire facilement attaquable; elle est plus lente avec les oolithes. Il convient d'étudier à part chacun de ces deux milieux; nous avons donc choisi la couche rouge où il est relativement aisé de séparer les oolithes de la gangue calcaire. Un fragment de 35^g a été pulvérisé et attaqué à froid par l'acide acétique dilué qui dissout la calcite et laisse intacts les phosphocarbonates. Le résidu pèse 28^g. La différence (7^g) entre la prise d'essai et l'insoluble correspond au départ de CO_2; on peut donc calculer la teneur en calcite du minerai, soit 16^g.

Dans la substance débarrassée du gaz carbonique, nous avons séparé, à l'aide de l'iodure de méthylène de densité 3,28, une portion lourde de 10^g. On a vérifié au microscope qu'elle ne contient que des oolithes et des fragments de limonite. Dans la partie légère, il reste le quartz clastique, la chaux et les phosphocarbonates. Il a été dosé 0,87 % de P_2O_5 dans le minerai tel quel et 1,33 % dans la fraction lourde.

On peut ainsi calculer la répartition du phosphore dans la couche rouge.

Fractions	Poids (en g)	P_2O_5 (en g)
Minerai..........	35	0,29
Oolithes.........	10	0,13
Gangue..........	16	0,16
Quartz...........	9	néant

Le tableau ci-dessus montre qu'en valeur absolue les oolithes renferment une quantité de phosphore approximativement égale à celle de la gangue.

GÉOLOGIE. — *Sur les formations continentales du Quaternaire marocain.* Note [1] de MM. **Georges Choubert** et **Georges Bryssine**, présentée par M. Charles Jacob.

Cette Note ne concerne que les formations quaternaires continentales à large répartition régionale, notamment les *limons rouges inférieurs*, les *croûtes calcaires* et les *limons rouges superficiels*. Elle laisse délibérément de côté les formations côtières, fluviatiles, etc.

Les *limons rouges inférieurs* sont le mieux développés dans les plaines de la Chaouïa et de la Doukkala, où ils peuvent atteindre 50^m d'épaisseur, et de la Bahira-Tadla [2]. A leur partie supérieure, ils sont encroûtés et sont donc

---

(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) G. Choubert, *Soc. géol. Fr.*, ii, 3 juin 1946, p. 209.

antérieurs à l'*époque de la croûte*. Nous les avons observés, dans la vallée de l'Oum er Rebia en aval d'Imfout, surmontant les cailloutis d'une terrasse de + 55 à 60^{m} (Milazzien). Ce fait permet de les attribuer, d'une façon très précise, à l'inter-pluvial Günz-Mindel (= Maximum milazzien).

La célèbre *croûte calcaire*, connue à travers toute l'Afrique du Nord, a été datée par J. Bourcart ([3]) comme acheuléenne. Nos observations récentes démontrent que l'*époque de la croûte* a duré pendant tout l'inter-pluvial Mindel-Riss (= Maximum tyrrhénien) et tout au moins une partie du pluvial rissien. En effet des croûtes encadrent les formations marines et dunaires tyrrhéniennes et s'y intercalent. Elles alternent également avec des lits des cailloutis des terrasses fluviatiles tyrrhéniennes (+ 25 à 30^{m}), qu'elles cimentent et encroûtent. Elles recouvrent en outre d'un manteau protecteur continu le relief résultant de la phase d'érosion rissienne et descendent sous les dépôts du comblement grimaldien (= l'ancien Monastirien = + 12 à 15^{m}) ainsi que sous le niveau de la mer. Aucune industrie, autre que l'Acheuléen et le Levalloisien, n'est connue dans la croûte et dans les formations associées à la croûte ([4]).

Les *limons rouges superficiels* ne sont jamais encroûtés. C'est la première formation postérieure à l'*époque de la croûte*. Ils constituent également les terrasses grimaldiennes (+ 12 à 15^{m}) et sont donc parfaitement datés (inter-pluvial Riss-Würm).

Les limons superficiels furent jusqu'à présent attribués à tort au Moustérien. Or ils n'ont fourni que du Micoquien et du Levalloisien évolué voisin du Monastirien ([5]). De même, les gisements de Mammifères contenus dans ces limons n'ont fourni aucun des éléments de la faune forestière (ours, cerfs, sangliers) qui apparaissent au Maroc au cours du Würmien et caractérisent les stations contenant du Moustérien véritable (stations de surface et surtout sous grottes) ([4]).

On ne connaît pas au Maroc de formations continentales généralisées correspondant aux cycles Sicilien et Flandrien. Toutefois ce dernier est caractérisé par la transformation, en tirs variés, des formations préexistantes telles que la croûte (Chaouïa), les limons rouges superficiels (Doukkala), les limons alluvionnaires grimaldiens (Rharb), etc.

Au point de vue climatique, l'âge et la nature des formations continentales décrites ci-dessus sont en parfait accord avec la courbe climatique que vient de définir l'un de nous ([6]). Un climat tempéré ou froid sans dépôts caractérise ses deux minima : Günzien et Würmien. C'est d'ailleurs au début du minimum

---

([3]) *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, XVI, 7 décembre 1931, p. 256.

([4]) A. Ruhlmann, *Publ. Serv. Antiquités Maroc*, VII, 1945, pp. 21 et 31.

([5]) R. Neuville et A. Ruhlmann, (*Col. Hesperis*), *Inst. Hautes Études Marocaines*, 8, 1941, p. 116.

([6]) G. Choubert, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 511.

würmien que l'homme moustérien se réfugie dans les grottes et que fait son apparition la faune forestière d'origine eurasiatique. On sait que le maximum froid en Afrique du Nord date du stade de retrait du Bühl ([7]).

Par contre les *climats rubéfiants* se situent sur les branches montante et descendante du maximum climatique, dont la partie culminante correspond au *climat de la croûte*. Conformément à la faible inclinaison de la branche montante, les limons rouges inférieurs, déposés pendant un laps de temps relativement long, peuvent être fort puissants. Par contre les limons rouges superficiels, dont le dépôt fut de courte durée, ne dépassent que rarement un mètre d'épaisseur (sauf dans les vallons comblés et les terrasses de la côte).

Autant la grande croûte calcaire que les limons rouges sont donc des formations fossiles dont la naissance demandait des conditions climatiques spéciales. Effectivement aucun climat actuel ne détermine plus la formation généralisée de croûtes calcaires; dans les formations post-tyrrhéniennes on n'observe que des croûtes minces, réduites et très localisées. Il semble en être de même pour les formations rouges argileuses ou latéritiques. En effet, on abandonne de plus en plus l'idée de possibilité du processus de latéritisation sous les climats tropicaux actuels ([7]) : dans tous les pays de latérite, les fonds des vallons et les basses terrasses ne montrent que des terres noires, grises ou jaunes, qui ne se latéritisent point. La condition climatique indispensable pour la fixation d'hydroxyde ferrique rouge fait donc défaut depuis le début du minimum würmien.

Comme l'a supposé l'un de nous pour expliquer le maximum climatique tyrrhénien ([8]), on pourrait admettre, à titre d'hypothèse, que la particularité rubéfiante de certains paléo-climats était due à une intensité accrue de la radiation solaire. On pourra appliquer cette hypothèse à toutes les formations rouges, si fréquentes dans les séries géologiques.

HISTOLOGIE. — *Origine épicardique des hémohistioblastes chez les* Polyclinidæ. Note de M. **Jean-Marie Pérès**, présentée par M. Louis Fage.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai montré, d'après des observations cytologiques jointes à une étude biométrique, que les cellules à réserve du postabdomen des *Polyclinidæ* (dont les matériaux nutritifs sont utilisés lors du bourgeonnement) provenaient d'hémoblastes vrais (hémohistioblastes) qui, ayant colonisé le mésenchyme postabdominal, y élaborent leurs réserves avant de se réindividualiser.

Malgré les recherches de nombreux auteurs le problème de la lymphogénèse

([7]) M. Dalloni, *Bull. Soc. Géogr. et Archéol., prov. d'Oran*, 61 (p. 1 du tiré à part).
([8]) M. Enikeff, *Comptes rendus*, 106, 1938, p. 66.

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 644.

des Ascidies est resté sans solution; l'ayant replacé sur le plan de l'hémoblastogénèse, mes observations sur les Ascidies simples ([2]) m'ont amené à conclure qu'il existe, après la métamorphose, dans l'hémolymphe des individus un stock diffus de cellules hémohistioblastiques, issues du mésoblaste embryonnaire, et qui sont à l'origine de tous les éléments du sang et du conjonctif. Le nombre considérable de cellules à réserve que renferme un postabdomen de *Polyclinidæ* prêt à se strobiliser exige de la part de l'organisme de l'ascidiozoïde une production d'hémohistioblastes d'une importance numérique tout à fait exceptionnelle. Ce matériel m'a donc paru particuliérement favorable pour rechercher l'existence d'un organe hémoblastogène. Étant donné que le réticulum mésenchymateux postabdominal est, par excellence, un lieu de *consommation intensive* de ces hémohistioblastes et que, d'autre part, ceux-ci sont très nombreux à l'état libre dans les lacunes de ce réticulum, c'est dans le postabdomen lui-même qu'il m'a paru le plus indiqué de rechercher l'éventuel organe hémoblastogène. De plus la comparaison des polygones de variation du rapport nucléole/noyau ($n/\mathrm{N}t$) des cellules hémoblastiques libres dans le thorax et l'abdomen d'*Aplidium pallidum* d'une part ([3]), et dans le postabdomen d'*Amaroucium turbinatum* d'autre part, m'a prouvé que la multiplication amitotique des hémohistioblastes libres, intense dans le premier cas, est presque nulle dans le second, et que cette multiplication, chez *A. turbinatum*, se produit plutôt pour des hémoblastes vrais qui sont déjà passés à l'état d'énergides dans le réticulum mésenchymateux postabdominal. Tout se passe donc comme si, ce réticulum étant très près du centre de production des hémoblastes vrais, la majorité de ceux-ci n'avait pas le temps de croître et de se diviser avant de se fixer dans ce réticulum. Le seul organe qui puisse être considéré comme hémoblastogène me paraissant être l'épicarde (dont le rôle dans le bourgeonnement prouve que les cellules qui le constituent sont pluripotentes), j'ai étudié sa structure cytologique chez diverses espèces de *Polyclinidæ*.

C'est au printemps (époque où commence l'édification des réserves pour les bourgeonnements futurs) que j'ai observé chez *A. turbinatum* et surtout chez *Synoicum argus*, les aspects les plus intéressants. Chez cette dernière espèce, on observe, sans discussion possible, l'émigration, surtout à partir de la partie antérieure de l'épicarde de nombreux éléments parfaitement identiques au point de vue cytologique aux hémohistioblastes; on voit aisément, dans de nombreux cas, la place vide qu'ils viennent d'abandonner dans l'épithélium épicardique. Si l'on étudie comparativement, par les méthodes biométriques que j'ai déjà mentionnées ici-même ([3]), les noyaux des cellules épicardiques et ceux des hémohistioblastes libres au voisinage de l'épicarde, on obtient deux polygones de variation très comparables avec un rapport $n/\mathrm{N}t$ moyen de 0,162

([2]) *Ann. Inst. Océan.*, **21**, p. 229.

([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 822.

pour les premiers et de 0,150 pour les seconds. Le léger décalage vers l'origine des abscisses du polygone relatif aux noyaux des éléments libres indique qu'il y a probablement, entre le nucléole et le noyau des cellules épicardiques, une dysharmonie de croissance analogue à celle que j'ai signalée dans les hémohistioblastes libres d'*A. pallidum* ([3]), dysharmonie amenant la division quand le rapport n/Nt s'élève au-dessus d'une certaine valeur, et que ce sont sans doute les noyaux récemment issus de cette division (et donc à rapport n/Nt plus faible) qui s'individualisent, avec un peu du cytoplasme qui les entoure, pour former les hémohistioblastes.

On peut en somme conclure de ce qui précède que, chez les zoïdes qui se préparent à la blastogénèse en édifiant des cellules à réserve, l'épicarde joue le rôle d'organe hémoblastogène. Les hémoblastes qu'il émet peuvent évoluer suivant les différentes directions que j'ai énumérées précédemment ([3]), et surtout vont coloniser le mésenchyme postabdominal pour s'y transformer en cellules à réserve ([4]). L'épicarde des *Polyclinidæ* nous apparaît donc comme le seul organe hémoblastogène actuellement connu chez les Ascidies, encore cette fonction hémoblastogène n'est-elle vraisemblablement pas permanente, mais limitée à la seule période où, pour préparer les cellules à réserve nécessaires à la blastogénèse, l'individu se trouve avoir besoin en un temps relativement bref d'un nombre élevé d'hémoblastes vrais. L'état présent de mes recherches ne me permet pas de préciser si cette fonction hémoblastogène de l'épicarde doit être considérée comme ayant une portée générale pour l'ensemble des Ascidies (on pourrait supposer que c'est la dislocation de l'épicarde larvaire, qui se produit dans la plupart des familles, qui est à l'origine du stock hémohistioblastique diffus que j'ai signalé), ou si cette fonction doit être considérée comme secondairement acquise par l'épicarde des *Polyclinidæ*, dont le développement et le rôle dans la blastogénèse sont plus grands que chez toute autre famille.

ENTOMOLOGIE. — *Morphologie de l'appareil buccal d'un Diptère Syrphide* (Eristalomyia sp.). Note ([1]) de M. **François Gouin**, présentée par M. Émile Roubaud.

Dans deux Notes précédentes ([2]) nous avons étudié la structure et le fonctionnement de l'appareil buccal de *Stomoxys calcitrans* L. et de quelques formes voisines, léchantes et piquantes. Chez *Eristalomyia sp.* Diptère Syrphide, l'appareil buccal comprend, en plus des éléments présents chez *Stomoxys*, les maxilles, dont l'unique lobe, la galéa [d'après Imms ([3]), lacinia], ne concourt pas à la formation du canal de la trompe et dont le stipes est interne. Le tentorium antérieur (TA), bien développé, relie les genæ à la paroi occipitale; le tentorium postérieur est représenté par une saillie autour du

---

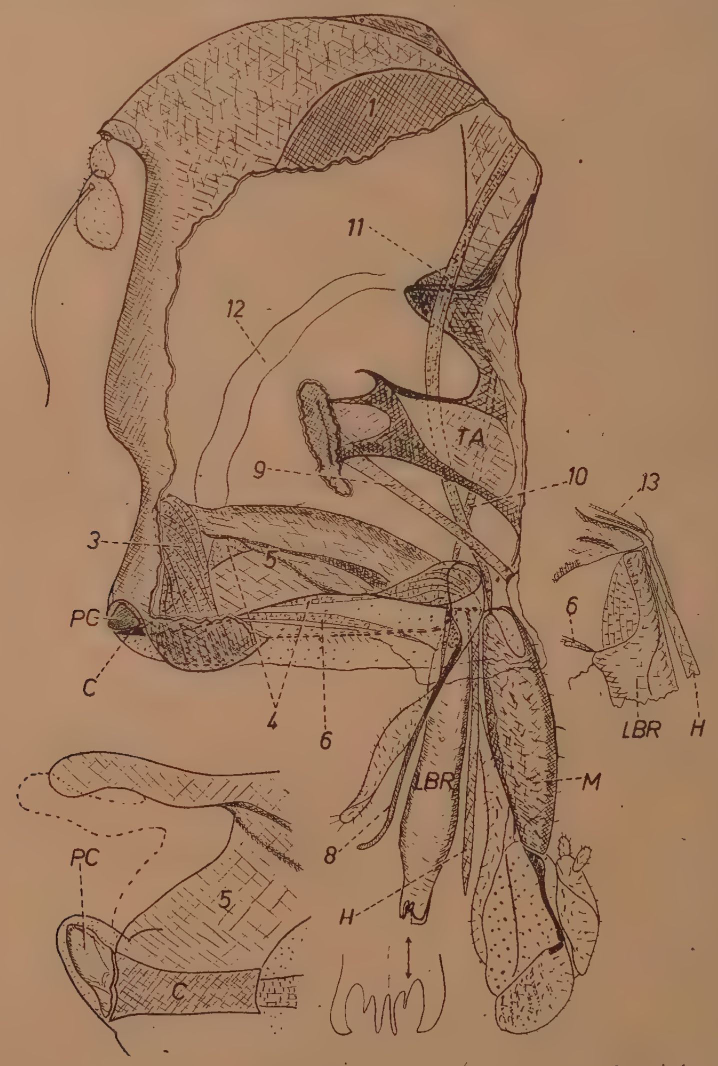
([1]) Séance du 13 novembre 1946.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 559 et 599.

([3]) *Quart. J. Microscop. Sci.*, **85** (1), 1949, pp. 73-96.

foramen. Le fulcrum est allongé; le clypéus (C), étroit, est articulé à un petit sclérite triangulaire, le postclypéus (comme chez *Calliphora sp.* et *Musca domestica*).

Outre les dilatateurs du cibarium [au sens de Snodgrass ([4])] (4), le muscle



Eristalomyia sp. — Appareil buccal; les éléments de la trompe, partiellement invaginée, sont dissociés. 1, œil; 12, œsophage; H, hypopharynx; M, labium; PC, postclypeus. (Pour les autres lettres et numéros, *voir* le texte.)

grêle de la pompe salivaire (13) et le m. labroclypéal (6), la musculature comprend : le muscle du stipes (8) qui s'insère sur le fulcrum (5); un m. pair (9) s'insérant à côté du stipes sur la membrane rostrale, passant à l'extérieur du

([4]) *Smithson. Miscell. Collect.*, **104** (7), 1944, pp. 1-113.

m. stipital et se fixant au sommet du tentorium; un m. pair, ténu, qui s'insère sur la galéa à côté du palpe et, accolé au m. labio-céphalique, passe intérieurement au m. stipital pour se fixer à la base du tentorium; enfin le m. pair labiocéphalique (11) qui passe à l'intérieur du tentorium et extérieurement aux saillies pour se fixer dans la région des $4e + 5e$ tergites céphaliques.

L'étude d'*Eristalomyia sp.* permet donc d'établir les homologies suivantes pour certains éléments structuraux de *Stomoxys* :

1° l'apodème est constitué par le stipes et la partie basale de la galéa; 2° le m. labro-tentorial représente le muscle de la galéa; 3° le m. rostro-tentorial représente le 2ᵉ stipital qui, chez *Tabanus* (Imms), s'insère encore sur le stipes, mais chez *Eristalomyia* et chez *Stomoxys* a perdu le contact avec celui-ci. La saillie occipitale antérieure de *Stomoxys* et des Muscides (s. l.) représente le tentorium.

La structure du rostre muscidien résulte donc de la croissance des membranes dans le sens ventrodorsal et longitudinal.

ENTOMOLOGIE. — *La production des sexués néoténiques chez le Termite à cou jaune* (Calotermes flavicollis *F.*) : *inhibition germinale et inhibition somatique*. Note [1] de MM. **Pierre-P. Grassé** et **Charles Noirot**, présentée par M. Louis Fage.

Depuis les travaux de Grassi et Sandias (1893) on sait que toute société de Termites inférieurs, privée de reproducteurs fonctionnels, en acquiert de nouveaux en un temps plus ou moins court, grâce à la faculté que possèdent larves âgées et nymphes de devenir reproductrices, tout en restant corporellement juvéniles. Il s'agit là d'un phénomène connu dans d'autres groupes zoologiques : la *néoténie*.

La présente Note a pour objet de préciser les modalités de la formation des sexués néoténiques chez *Calotermes flavicollis*.

Les groupes orphelins, suivis jour après jour, nous ont appris que toute transformation d'une larve ou d'une nymphe en sexué néoténique est précédée d'une mue. Lorsque celle-ci est effectuée, les signes extérieurs de la néoténie deviennent apparents : pigmentation jaunâtre des téguments, développement et noircissement plus ou moins complet des yeux composés. La ponte, dans de bonnes conditions d'élevage, débute de 6 à 8 semaines après la disparition des sexués fonctionnels.

Toute larve ou nymphe est susceptible de devenir un sexué néoténique si elle a atteint ou dépassé le 4ᵉ stade (c'est-à-dire a subi au moins 3 mues) lors de la perte des reproducteurs fonctionnels. Cette *condition* étant remplie, la composition qualitative du groupe n'intervient plus dans la néoténie.

Dans le cas d'une *paire isolée*, les individus, étant de sexes différents,

---

[1] Séance du 13 novembre 1946.

deviennent tous les deux néoténiques et se reproduisent par la voie amphisexuelle; s'ils sont femelles, un seul se transforme et pond, l'autre demeure inchangé ([2]); si les deux sont mâles, l'un acquiert l'aspect d'un néoténique, mais nous ignorons s'il est fécond.

Castle (1934) prétend que les ovaires de larves isolées de *Zootermopsis angusticollis* tendent à s'accroître. Il n'a cependant pas vu la transformation de tels individus en néoténiques ([3]).

Des constatations précédentes, nous retiendrons le fait essentiel que toute larve de *Calotermes*, ayant atteint ou dépassé le 4[e] stade, est susceptible de se transformer rapidement en sexué néoténique, si elle est soustraite à l'influence gono-inhibitrice des reproducteurs fonctionnels. Son germen subit une brusque croissance qui aboutit à la production d'œufs ou de spermatozoïdes. Le soma se modifie légèrement au départ, puis se stabilise définitivement.

Ainsi, toute larve de *Calotermes* se trouve placée dans une situation paradoxale : 1° quand elle est au sein d'une société complète, son germen est freiné dans son développement, son soma au contraire poursuit sa croissance normale ; 2° quand elle est dans une société orpheline, son germen est libéré de toute inhibition tandis que son soma est irrémédiablement stabilisé.

Voyons d'un peu plus près ce qui se passe à l'intérieur d'un groupe orphelin de *Calotermes*. Les néoténiques y apparaissent en nombre variable et appartiennent à des stades différents. D'après nos observations, les individus qui muent au moment de la disparition des reproducteurs fonctionnels, ou dans la semaine qui suit celle-ci, ne se transforment pas en néoténiques. En revanche, *presque tous ceux* qui muent après ce dernier délai, acquièrent les signes extérieurs de la *néoténie*, ce qui n'implique point qu'ils deviendront *tous* des reproducteurs. Rapidement, un couple (le premier apparu ?) l'emporte sur les autres qui disparaissent peu à peu de la colonie, probablement dévorés ([4]). Devenu fonctionnel, il inhibe la poussée germinale des autres membres de la société ; de la sorte, la production des néoténiques est arrêtée et le groupe regagne son équilibre social.

De nos recherches, il ressort en outre que la salive, aliment stomodéal, n'a

---

([2]) Par ce procédé nous avons obtenu des larves d'origine parthénogénétique. La parthénogenèse chez les Isoptères était connue seulement chez les *Zootermopsis* (Light, 1938, 1943),

([3]) Nous tenons cette transformation pour impossible, tout au moins pour ce qui est des Termites à symbiotes. La mue précédant la transformation en néoténique prive l'Insecte des Flagellés qui digèrent la cellulose, et l'individu solitaire, ne pouvant se recontaminer, est condamné à mourir à bref délai.

([4]) A cet égard, on relève une grosse différence entre *Calotermes flavicollis* et les *Zootermopsis*, dont les colonies naturelles, accidentellement devenues orphelines, peuvent compter jusqu'à des centaines de sexués néoténiques. Le pouvoir gono-inhibiteur de ceux-ci s'avère très faible si l'on s'en réfère aux données des auteurs américains. Cette remarque s'applique également aux *Réticulitermes*.

pas, comme l'ont cru Grassi et d'autres biologistes (dont l'un de nous), un pouvoir gonado-stimulant. Nous retiendrons à titre de preuves que : 1° des couples isolés de larves se sexualisent bien que ne pouvant prendre un supplément de salive; 2° les couples imaginaux, fondateurs de nouvelles colonies, ne reçoivent pas de salive de leurs congénères, mangent du bois et acquièrent rapidement leur maturité génitale ; 3° pendant une longue période (jusqu'à 18 mois), les sexués néoténiques fonctionnels conservent leurs Flagellés symbiotiques et restent xylophages.

BIOLOGIE. — *Une régulation sociale à base sensorielle périphérique : L'inhibition de la ponte des ouvrières par la présence de la fondatrice chez les Polistes* (Hyménoptères-Vespidæ). Note de M. **Édouard Ph. Deleurance**, présentée par M. Louis Fage.

Les observations suivantes, effectuées au cours de recherches sur le comportement des *Polistes*, prouvent que la régulation de la ponte dans la société est, en ce qui concerne les ouvrières, commandée par un phénomène de la nature d'une inhibition liée à une stimulation externe définie.

Rappelons que les *Polistes* forment de petites colonies annuelles fondées au printemps par des femelles fécondées qui ont hiverné. Les premières générations sont constituées uniquement par des femelles d'une taille généralement plus faible qui sont les ouvrières.

J'ai constaté que ces ouvrières ne déposent pas d'œufs aussi longtemps que la fondatrice (= *reine* des auteurs) subsiste. Une fois cependant une ouvrière de *P. bimaculatus* Fourcroy insinua son abdomen dans une cellule et commença les manœuvres caractéristiques du dépôt de l'œuf, ce dépôt demande deux minutes en moyenne. Dérangée par le retour de la fondatrice, elle quitta précipitamment la place. Dès le départ de cette dernière cependant, elle récidiva dans la même cellule. Toutefois, la ponte n'eut pas lieu car elle abandonna bientôt spontanément la cellule. Par la suite, je ne l'ai jamais vu recommencer ce manège et cet alvéole resta longtemps avant d'être pourvu.

Bien que la fondatrice, en rencontrant notre ouvrière, ne manifesta aucune hostilité, l'attitude *craintive* de l'ouvrière indiquerait, éventuellement, que l'inhibition s'exercerait par une Dominance-Subordination.

L'observation suivante est beaucoup plus importante. Le 31 juillet 1946, je trouve une fondatrice de *P. bimaculatus* morte accrochée au nid [la guêpe avait succombé à une anesthésie à l'éther trop poussée, effectuée le même jour à 1^{h} (matin)]. J'enlève cette guêpe à 10^{h}. A 14^{h} 30, la première ponte *observée* d'une ouvrière a lieu. Celle-ci récidive le lendemain. Le 5 août, je surprends une autre ouvrière pendant le dépôt de l'œuf. Les œufs ultérieurement pondus provenaient exclusivement de ces deux ouvrières. Notons que ces guêpes appartenaient à la première génération. Le tableau ci-après résume les données essentielles de l'observation; le nid comprenait 61 cellules.

Date.	Composition de la population — qualité.	date de la naissance.	Age de la guêpe lors de sa première ponte (en jours). P 1.	P 2.
31-7-46 1h	♀ fondatrice	?		
	☿ 1re pondeuse P 1	20-7	11	
	☿ »	22-7		
	☿ »	24-7		
	☿ 2e pondeuse P 2	24-7		
	☿ »	entre le 28-7 et le 31-7-46		
	☿ »			
	☿ »			
5-8-46...	1 (plus les 7 ☿ précédentes)	entre le 1-8 et le 4-8-46		12

La rapidité du phénomène montre que la régulation a comme point de départ une action sensorielle périphérique. *La présence de la fondatrice inhibe la ponte de l'ouvrière*. La disparition de la fondatrice provoque la levée de cette inhibition.

On pourrait penser que les ouvrières ont des œufs mûrs dans leurs ovaires qui n'attendent que cette levée d'inhibition pour être pondus. L'observation ne confirme pas cette hypothèse. En effet, sur 100 ouvrières disséquées, provenant de plusieurs nids, *pas une seule ne possédait d'ovules mûrs*. Par contre, on notait la présence de corps jaunes provenant de la dégénérescence d'ovules. En l'absence de données sur le cycle ovarien de *Polistes*, il nous est impossible de préciser davantage le mécanisme du phénomène. Toutefois, d'après ce que nous savons du cycle ovarien du Dytique, l'absence d'ovule mûr suggérerait que l'action inhibitrice interviendrait par blocage du cycle à la phase *d* de Joly [1] (phase où coexistent les phénomènes de croissance et de dégénérescence).

Quoi qu'il en soit, il est évident qu'en un tel cas, il ne peut s'agir d'une castration nutriciale. Le mécanisme de la formation des castes dépend de causes autrement complexes. On doit d'ailleurs remarquer à ce sujet, que l'apparition des sexués néoténiques chez les Termites pourrait avoir également pour point de départ des stimuli sensoriels périphériques.

Il convient de noter que la fonction génitrice (royale), assumée par l'ouvrière dans le nid orphelin, ne lui confère pas les attributs de la fondatrice vis-à-vis de ses sœurs. A Marseille, dans une autre espèce, *P. omissus* Weyrauch, j'ai observé, en effet, des pontes quasi simultanées de plusieurs ouvrières. La ponte devient alors plutôt anarchique.

Il serait intéressant par ailleurs de connaître les rapports qui existent entre les fondatrices de nids polygynes. En fait, il se pourrait que ces rapports s'établissent suivant le schéma que nous avons observé dans le nid monogyne. Dans un nid bigyne de *P. bimaculatus* étudié à Besse (Puy-de-Dôme), les pontes provenaient toujours de la même femelle.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

L. B.

---

(1) *Arch. Zoo. exp. et gén.*, 84, 1945, p. 89.